

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program geodezija,
Smer Geodezija v inženirstvu

Kandidatka:

Nataša Tavčar

Vloga kartografije v navigacijskih sistemih za vodenje in sledenje vozil

Diplomska naloga št.: 265

Mentor:

doc. dr. Dušan Petrovič

Ljubljana, 16. 6. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana NATAŠA TAVČAR izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»VLOGA KARTOGRAFIJE V NAVIGACIJSKIH SISTEMIH ZA VODENJE IN
SLEDENJE VOZIL«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 28.05.2008

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.28:528.94(043.2)
Avtor: Nataša Tavčar
Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
Naslov: Vloga kartografije v navigacijskih sistemih za vodenje in sledenje vozil
Obseg in oprema: 67 str., 4 pregl., 21 sl., 5 en.
Ključne besede: navigacija, sistem za sledenje vozil, GPS, vektorska karta, kartografija

Izveček:

Vsebina diplomskega dela je opis in pregled vektorskih kart za območje Slovenije in uporaba le – teh za navigacijske sisteme in sisteme za sledenje vozil.

V diplomski nalogi so predstavljeni temeljni pojmi, ki so pomembni za razumevanje navigacijskega sistema in sistema za sledenje vozil: GPS, GPRS, kartografija, vektorska podatkovna baza, format zapisa. Osrednja tema diplomske naloge je obravnava vektorskih kart in njihovih podatkovnih baz. Opisane so vektorske karte, ki so na razpolago v Sloveniji ter njihove lastnosti, kot so: v kolikšni meri geografsko pokrivajo Slovenijo, pokritost Slovenije v smislu podatkov, ocena kakovosti kart, kakšna je dostopnost na tržišču, primernost in uporabnost za navigacijo in sledenje. V nadaljevanju je podana primerjava dveh naključnih izsekov kart, območje Cerkna in izsek Ljubljane. Izbrane so vektorske karte tistih ponudnikov, ki so na slovenskem tržišču najbolj prisotne (Monolit, TeleAtlas, Navteq, Navigo sistem (HR), GoogleMaps in LiveSearch).

Temeljna ugotovitev je, da so vektorske karte Slovenije zelo dobre in so uporabne za navigiranje in sledenje vozil. Karte lahko uporabljajo tako nezahtevni uporabniki, kakor tudi zahtevnejši uporabniki, kot so transportna podjetja.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTATION PAGE AND ABSTRACT

UDC: 528.28:528.94(043.2)
Author: Nataša Tavčar
Mentor: Assist. Prof. Dušan Petrovič, PhD
Title: The Role of Cartography in Navigation Systems for Vehicle Navigation and Tracking
Scope and tools: 64 pages, 4 tables, 21 fig., 5 eq.
Keywords: navigation, vehicle tracking system, GPS, vector map, cartography

Abstract:

The diploma thesis contains a description and review of vector maps for the territory of Slovenia and their use in navigation and vehicle tracking systems.

In the diploma thesis, fundamental notions important for the understanding of the navigation and vehicle tracking systems (GPS, GPRS, cartography, vector database, file format) are presented. The central topics of the thesis are the vector maps and their database. Vector maps available in Slovenia are described along with their characteristics such as: to what extent they cover Slovenia geographically, the coverage of Slovenia in terms of data, map quality evaluation and accessibility on the market. In continuation, a comparison of two random map sections is given, namely area of town Cerknö and a section of Ljubljana. Vector maps of the providers who are most present on the Slovenian market were chosen (Monolit, TeleAtlas, Navteq, Navigo sistem (CRO), GoogleMaps and LiveSearch).

The fundamental finding of the diploma thesis is that vector maps of Slovenia are very good and useful in vehicle navigation and tracking. Maps may be used by undemanding as well as demanding users such as transport companies.

ZAHVALA

Iskrena hvala mentorju docentu doktorju Dušanu Petroviču za strokovno svetovanje, vodenje in prijazno pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Najlepše se zahvljujem podjetjema CVS Mobile d.d. in Monolit, informacijski sistemi d.o.o. za vse posredovane podatke in pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

Hvala tudi tebi dragi Ciril, ki me sprejemaš tako kot sem. V vseh mojih vzponih in padcih si verjel vame, me optimistično spodbujal ter mi nesebično pomagal!

Od srca se zahvaljujem tatu in mami, ker sta mi omogočila študij. Hvala tudi sestrici!

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2 INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI, NAVIGACISKI SISTEM, SISTEM ZA SLEDENJE VOZIL	2
2.1	Inteligentni transportni sistemi	2
2.2	Navigacijski sistem	4
2.2.1	Sestava	6
2.2.1.1	Digitalna kartografska podatkovna baza	7
2.2.1.2	Modul za določanje položaja	8
2.3	Sistem za sledenje vozil	11
3	TEHNOLOGIJE PRENOSA PODATKOV	18
3.1	GPRS (General Pocket Radio Service)	19
3.2	UMTS – Universal Mobile System	22
3.3	HSDPA (High – Speed Downlink Protocol Acces)	22
3.4	EDGE ali EGPRS – Enhanced Data rates for Global Evolution	23
4	GPS	23
4.1	Lastnosti GPS	24
4.2	Določitev položaja	24
5	DIGITALNA PODATKOVNA BAZA ZA NAVIGACIJO IN SLEDENJE VOZIL	27
5.1	Vektorska karta kot podatkovna struktura GIS	28
5.1.1	Geografski podatki in GIS podatkovne baze	28
5.1.2	Kartografski podatkovni model	29
5.1.3	Grafična baza podatkov	30
5.1.3.1	Kodiranje prostorskih podatkov	34
5.1.3.2	Shranjevanje vektorskih podatkov	35
5.1.4	Topologija	36

6	KARTOGRAFIJA	38
6.1	Zgodovinski razvoj kart	38
6.1.1	Zgodovinski razvoj kart v svetu	38
6.1.2	Zgodovinski razvoj kart v Sloveniji	40
6.2	Vrste in kart	40
6.2.1	Značilnosti kart	41
6.2.2	Lastnosti kart	41
7	VEKTORSKE KARTE SLOVENIJE	45
7.1	GDF (Gepgratic Data File)	45
7.1.1	Konceptualni model	45
7.1.2	Opis vsebin	45
7.1.3	Prenosni format	46
7.2	Fizični zapis datoteke GDF	46
7.2.1	Zapisi v podatkovni strukturi GDF	46
7.3	Primer: izsek iz GDF 3.0 (Navteq)	47
7.4	Ponudniki vektorskih kart v Sloveniji	48
7.4.1	Geodetska uprava RS	48
7.4.2	Zasebna podjetja in korporacije	48
7.5	Vektorske karte za navigacijo in sistem sledenja vozil	49
7.5.1	Katera podatkovna baza omogoča navigacijo in katera sledenje vozil?	49
7.5.2	Pokritost Slovenije glede na količino podatkov	50
7.6	Dostop do podatkov	53
7.7	Zahtevnost uporabe	53
7.8	Kakovost kart	53
7.8.1	Splošno	53
7.8.2	Ocena kakovosti	55
7.8.2.1	Kakovostni model	55
7.8.2.2	Določitev vzorca	55
7.8.2.3	Analiza kakovosti	56
7.9	Parametri za načrtovanje poti	61
7.10	Podatki o stanju na cestah	61

7.11	Katero podjetje je ponudnik podatkov in katero ponudnik storitev	61
7.12	Dostopnost na trgu.....	62
7.13	Razmerje strošek/kakovost	62
8	ZAKLJUČEK	64
VIRI	67
PRILOGE	69

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Opis večokenskih razredov (Multislot Class).....**Napaka! Zaznamek ni definiran.**

Preglednica 2: Hitrost prenosa podatkov glede na kodno shemo**Napaka! Zaznamek ni definiran.**

Preglednica 3: Primerjava hitrosti med tehnologijami**Napaka! Zaznamek ni definiran.**

Preglednica 4: Primerjalna preglednica ponudnikov vektorskih kart....**Napaka! Zaznamek ni definiran.**

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Temeljni moduli cestnega navigacijskega sistema	7
Slika 2.2: Sestava modula za določanje položaja	9
Slika 2.3: Sistem za sledenje vozil in uporabnik	12
Slika 2.4: Sistem sledenja vozil	13
Slika 2.5: Primer aplikacije sistema za sledenje vozil	17
Slika 4.1: Omrežje GPS postaj v Sloveniji (SIGNAL).....	27
Slika 5.1: Povezava med podatkovnima bazama	29
Slika 5.2: Kartografski podatkovni model	30
Slika 5.3: Razslojitev na tematske plasti.....	30
Slika 5.4: Načela rastrske obravnave prostora	31
Slika 5.5: Nezveznost 2D ravnine pri rastrski strukturi grafičnih podatkov.....	32
Slika 5.6: Geometrična resolucija in gridna celica	32
Slika 5.7: Vektorski podatkovni model.....	33
Slika 5.8: Primerjava rastrskih in vektorskih podatkov	34
Slika 5.9: Vektorski podatki, shranjeni v obliki relacijskega podatkovnega modela	35
Slika 5.10: Topološki odnosi	37
Slika 6.1: Prehod iz fizične površine Zemlje preko referenčnega elipsoida na ravnino	42
Slika 7.1 Shema baze cestnih atributov	47
Slika 7.3: Grafični prikaz baze StreetConnect	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 8.1: Primer 3D navigacije – TeleAtlas.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
Slika 8.2: Primer 3D navigacije – iGO podjetja Nav N Go Kft.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.

KAZALO PRILOG

Priloga A: izseki iz karte DTK 25 in izseki vektorskih kart.....	69
--	----

1 UVOD

Navigacijski sistem in sistem za sledenje vozil sta dva primera inteligentnih transportnih sistemov (ITS).

Danes je v večjih transportnih podjetjih samoumevno, da skupaj z navigacijo uporabljajo sistem za sledenje vozil. Tudi tisti, ki se ne ukvarjamo s transportom tovora, radi sežemo po navigacijski napravi, ki nas uspešno vodi do cilja, pa naj bo to izlet na morje, pohodništvo, kolesarjenje, službeno potovanje v večja evropska mesta itd.

Da nas navigacijski sistem uspešno pripelje na cilj, potrebujemo navigacijsko napravo, ki je sestavljena iz ustrezne strojne in programske opreme. V sklop programske opreme štejemo tudi vektorske karte. Podatkovno vektorsko bazo je potrebno optimizirati, tako da ustreza namenu uporabe. Če imate navigacijsko napravo nekega proizvajalca, morate poiskati digitalno karto Slovenije, ki bo delovala prav s to napravo.

Z razvojem teh dveh sistemov se ukvarja veliko število podjetij v Sloveniji. Ko je pred približno petimi leti pričelo slovensko podjetje izdelovati lasten sistem za sledenje vozil in tudi navigacijski sistem, se je podjetje srečevalo s težavami, kje dobiti kakovostno vektorsko karto, da bo imela dovolj podatkov za uspešno vodenje in navigiranje vozil. In ravno zaradi te težave sem se odločila, da raziščem, do kakšnih vektorskih kart je mogoče priti za področje Slovenije.

2 INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI, NAVIGACISKI SISTEM, SISTEM ZA SLEDENJE VOZIL

2.1 Inteligentni transportni sistemi

ITS je kratica za Inteligentne Transportne Sisteme. ITS obsegajo različne vrste komunikacijskih, informacijskih, nadzornih in elektronskih sistemov, ki so povezani in vgrajeni v prometno infrastrukturo in vozila, lajšajo opazovanje, upravljanje in razporejanje prometnih tokov, omogočajo navigacijo, prihranek časa in denarja, povečujejo učinkovitost in produktivnost mnogih dejavnosti in, nenazadnje, rešujejo življenja.

Cilj ITS-a je, da vnese moderne računalniške in komunikacijske tehnologije v transportne sisteme, ki se izkazujejo v izboljšani mobilnosti, varnosti, produktivnosti in nenazadnje tudi s čistejšim zrakom.

Tehnologije ITS vsebujejo veliko število produktov in storitev, ki vplivajo na naša življenja. To so na primer:

- mešani transportni sistemi: sistemi, ki bodo olajšali življenje potnikom, ki potujejo nekaj časa z avtom, potem z vlakom in še mogoče z letalom,
- inteligentni sistemi za kontrolo nad prometom: sistemi, ki se avtomatsko prilagajajo toku prometa in zmanjšujejo čas, ko vozniki stojijo pred semaforjem, pa to ne bi bilo potrebno,
- tehnologije "v vozilu", kot so popotne informacije, sistem za navigacijo poti in sistem za povečano varnost,
- tehnologije za povečanje varnosti, kot so "inteligentni tempomati" (smart cruise system), ki računajo lokacije okoliških vozil in se temu prilagajajo,
- sistem za dajanje nasvetov potniku, vsebujoč spremenljive prometne znake oz. table s sporočili in radio z obvestili.

(J. Dular, 2005)

Primeri ITS tehnologije:

- cestni navigacijski sistemi,
- sistemi za zaznavanje in javljanje prometnih nezgod,

- sistemi za preprečevanje prometnih nezgod,
- sistemi za elektronsko plačevanje (avtomatsko pobiranje cestnin),
- sistemi za nadzor stanja cestišč,
- sistemi za videonadzor prometa,
- informacijski servisi (vreme, prometni podatki),
- sistemi za sledenje vozil,
- sistemi za upravljanje voznih parkov,
- sistemi za učinkovitost urgentnih služb.

Navigacija je vodenje potnika iz kraja v kraj. Navigacijski sistem mora omogočati določitev potnikovega trenutnega položaja ter ga vsak trenutek usmerjati proti zastavljenemu cilju.

Sodobni navigacijski sistem mora izpolnjevati naslednje zahteve:

- sistem naj bo sposoben določati trenutni položaj z vsaj 20 metersko natančnostjo vsaj 90 % potovalnega časa,
- sistem naj bo sposoben trenutni položaj pretvarjati v ustrezne koordinate ter ga naknadno prirejati ustreznemu cestnemu segmentu,
- sistem naj bo sposoben prikazovati trenutno lokacijo na karti in sicer tako, da jo lahko spremlja upravljalec vozila,
- sistem naj bo sposoben načrtovati najboljšo pot,
- sistem naj bo sposoben dajati slušna in vizualna navigacijska navodila, ki ustrezajo manevrom, potrebnim za doseg cilja po načrtovani poti,
- sistem naj bo sposoben zaznati, kdaj vozilo zaide z načrtovane poti oziroma cestnega segmenta,
- v takšnem primeru naj bo sistem sposoben generirati novo najboljšo pot z začetkom na trenutni lokaciji. (J. Dular, 2005)

Transportna podjetja poleg navigacijskega sistema uporabljajo tudi sistem za sledenje vozil. To je sistem, s katerim si vozniki ne pomagajo prav veliko, je pa v veliko pomoč operaterjem v nadzornem centru, iz katerega nadzirajo in sledijo vozilo, torej lahko vsak trenutek sledijo vozilu in zraven vidijo tudi, kaj se z vozilom dogaja.

Ustrezno zasnovana sistema (navigacija in sledenje) lahko med seboj »sodelujeta«. Npr.: iz nadzornega centra lahko preko GPRS-a pošljejo vozniku transportnega vozila ciljno lokacijo in navigacijski sistem v vozilu vodi voznika do cilja.

Sistem za sledenje vozil omogoča naslednje funkcije:

- neprekinjeno sledenje (neprestano beleži položaj vozila in podatke o vozniških parametrih, kot so prevoženi kilometri, postanki in gibanja vozila ipd. Ti podatki so kasneje koristni za nadaljne analize in izboljšujejo kakovost poslovanja podjetja),
- zgodovinski pregled poti (zgodovino podatkov, kot so postanki, prihodi, nakladanje ali razkladanje tovora je mogoče pregledno prikazati na zemljevidu ali pa zajete informacije uporabiti za podatkovne analize voženj),
- analiziranje podatkov (analiziranje voženj za izbrana časovna obdobja ter izbrane parametre),
- pregled voznega parka (ažurne informacije o položaju in statusu vozil, zaposlenih ali tovora),
- pregled stroškov voznega parka,
- optimizacija poti (izračun optimalnih voženj po času in/ali dolžini poti ter omogoča načrtovanje najkrajših ali najhitrejših poti na podlagi predhodno zajetih podatkov),
- zagotavlja varovanje vozil pred krajo.

Sledenje lahko izvajamo na rasterski in vektorski podalgi.

Na rasterski podalgi lahko pridobimo samo pozicijo vozila in izris že prevožene poti.

Na vektorski podalgi pa lahko izvajamo routing (izris ceste iz kraja A v kraj B) in optimizacijo (poišče najkrajšo oz. najhitrejšo pot).

2.2 Navigacijski sistem

V praksi najdemo množico navigacijskih sistemov, ki se med seboj razlikujejo po sestavi in po funkcijah, ki jih omogočajo, in sicer:

a) Pasivni in aktivni sistemi

Pasivni navigacijski sistem omogoča funkcijo prikazovanja karte cestnega omrežja, prikaz trenutnega položaja in smeri vozila ali lokalno območje v katerem se vozilo nahaja. Podaja koordinate, imena krajev, ulic, križišča. Odločanje o izvedbi manevrov pri pasivnih sistemih ostaja voznikova naloga. Skratka, pasivni sistem ni sposoben dajati navigacijskih navodil.

Aktivni navigacijski sistem poleg funkcij omogoča podajanje navodil na poti. Ustrezna programska oprema za vsako križišče ali pomembno točko vzdolž načrtovane poti tvori navigacijska navodila in jih v ustreznem trenutku v vizualni ali slušni obliki posreduje vozniku.

b) Statični in dinamični sistemi

Statični sistemi nalogo načrtovanja najboljše poti in vodenj izvajajo na podlagi statične podatkovne baze. To je običajno vektorska grafična podatkovna baza, ki kot attribute cest in križišč vsebuje npr. kategorije cest, omejitve hitrosti, prepovedi zavijanja,...

Dinamični sistem je sposoben načrtovati pot na podlagi aktualnih podatkov o nepredvidenih zastojih, zaporah, prometnih nesrečah ali vremenskih razmerah. Takšen sistem preko brezžičnega komunikacijskega sistema od nadzornega ali prometnoinformacijskega centra prejema ažurne podatke, na podlagi katerih vodi t.i. dinamično podatkovno bazo.

c) Avtonomni in centralizirani sistemi

Avtonomni sistemi vse funkcije opravljajo sami. V vozilu je nameščena vsa potrebna strojna oprema, programska oprema in senzorji.

Pri centraliziranem sistemu govorimo o treh komponentah sistema, in sicer:

- mobilna enota (vozilo),
- nadzorni center, strežnik (center z zmogljivim računalnikom in osebjem),
- komunikacijski modul.

Med centralizirane sisteme lahko štejemo že tiste, ki za določitev položaja uporabljajo metodo diferencialnega GPS (DGPS). Mobilne enote v tem primeru prejmejo od referenčne GPS postaje informacije o t.i. diferencialnem popravku.

Vsaj ena od navigacijskih nalog se izvaja v nadzornem centru. Rezultati naloge se po komunikacijskem omrežju prenesejo v mobilno enoto, ki jih uporabi.

Centralizirani sistem ima lahko tudi obliko v kateri je izvajanje vseh navigacijskih nalog, od določitve položaja do podajanja navodil, domena nadzornega centra. Voznikova naloga je le izvajanje morebitnega poizvedovanja in spremljanje navodil, ki jih prejme od centra.

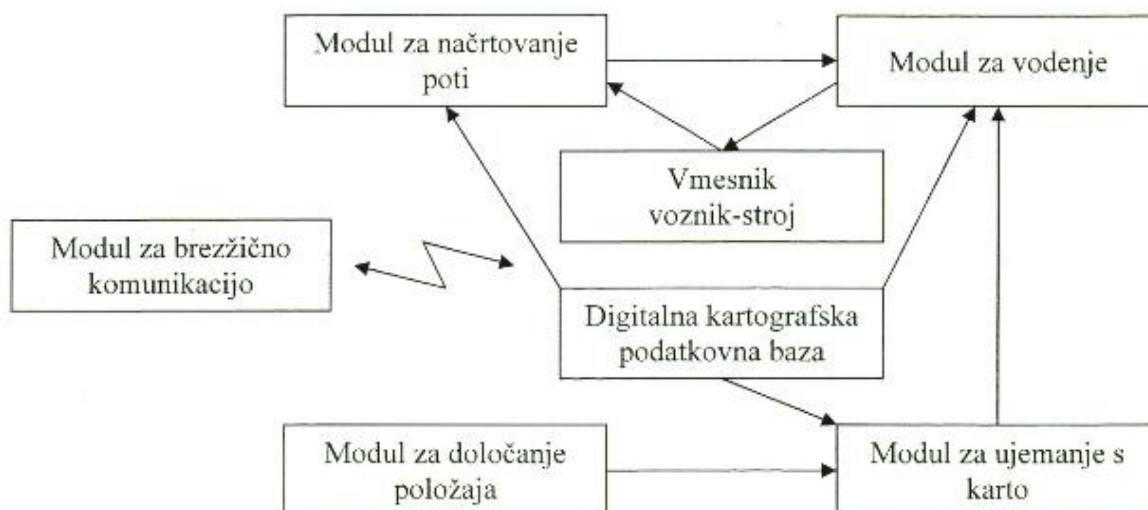
Danes se močno centralizirani sistemi uporabljajo znotraj podjetij, ki upravljajo večje vozne parke. Preko mobilnega telefonskega omrežja poteka prenos podatkov med mobilnimi enotami in nadzornim centrom.

Mednje se uvršča tudi sistem za sledenje vozil.

V navigaciji za običajne uporabnike se najbolj uporabljajo hibridni sistemi. Večino nalog izvajajo v mobilnih enotah, od nadzornih centrov prejemajo ažurne prometne podatke za dinamično navigacijo in diferencialne popravke položaja GPS. Prenos podatkov poteka na podlagi broadcastinga z uporabo radijskih podatkovnih sistemov, kot je RDS – TMS (Radio Data System – Traffic Message Channel) ali obcestne mreže oddajnikov, ki delujejo v mikro ali infrardečem delu spektra elektromagnetnega valovanja. (J. Dular, 2005)

2.2.1 Sestava

Cestni navigacijski sistemi nastopajo v različnih oblikah, vendar imajo skupno osnovno sestavo. Po Zhau (1997) je navigacijski sistem sestavljen iz sedmih temeljnih modulov in sicer tako kot je prikazano na sliki 2.1:



Slika 2.1: Temeljni moduli cestnega navigacijskega sistema (Zhao, 1997)

Moduli so med seboj povezani in delujejo vzajemno, kot celota. Tako kot navigacijski sistemi, tudi moduli nastopajo v različnih oblikah.

Naslednja poglavja obravnavajo osnove zgoraj navedenih modulov sistema. (J. Dular, 2005).

2.2.1.1 Digitalna kartografska podatkovna baza

Digitalna podatkovna baza zagotavlja podatke o prostorskih pojavih (cestno omrežje) in njihovih lastnostih, ki so pomembna za navigacijo. Je nepogrešljiv del navigacijskega sistema in ravno tako sistema za sledenje vozil.

Ko je položaj vozila določen, karta omogoča pomembne funkcije sistema, kot so (Zhao, 1997):

- prikaz karte,
- določitev lokacije podanega cilja,
- določitev optimalne poti,
- vodenje načrtovanih poti,
- popravljanje položaja, določenega z modulom za določitev položaja,
- podajanje različnih potovalnih informacij.

v splošnem obstajata dva pristopa predstavitve karte v digitalni obliki: rastrski in vektorski.

Za uporabo v cestni navigaciji in za sledenje vozil je primernejš vektorski.

Digitalna kartografska podatkovna baza je natančneje predstavljena v 3. poglavju.

2.2.1.2 Modul za določanje položaja

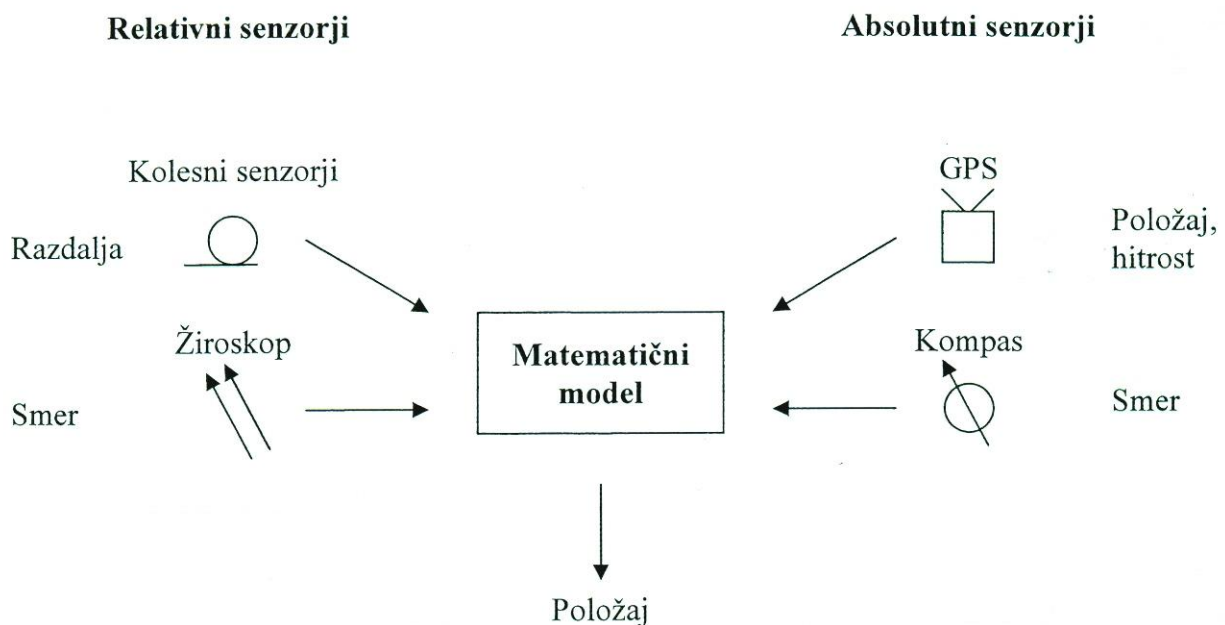
Ustrezno natančna določitev položaja je pogoj za uspešno navigacijo in za dovolj dobro določitev oplozaja. Z namenom zagotovitve čim večje točnosti se za določanje položaja vozila uporablja več različnih tehnik oz. senzorjev hkrati. Na podlagi ustreznih matematičnih modelov računalnik iz različnih informacij o položaju določi njegovo vrednost.

Osnovna delitev senzorjev je delitev na **absolutne** in **relativne senzorje**.

Absolutni senzorji podajajo absolutni položaj oziroma smer vozila v dogovorjenem fiksnem koordinatnem sistemu. Tipična predstavnika absolutnih senzorjev sta magnetni kompas (določanje absolutne smeri) in GPS (določanje absolutnega položaja in hitrosti).

Relativni senzorji podajajo spremembo položaja vozila glede na določeno začetno stanje (npr. glede na položaj in smer, ki ju je vozilo imelo na začetku poti). Tipična predstavnika relativnih senzorjev sta žiroskop (določanje spremembe smeri) in odometer (določanje dolžine prevožene poti in spremembe smeri).

Če je začetno stanje vozila znano, lahko na podlagi informacij relativnih senzorjev vedno določimo njegov absolutni položaj. (J.Dular, 2005)



Slika 2.2: Sestava modula za določanje položaja (Zhao, 1997)

Magnetni kompas

je absolutni senzor, s katerim določamo orientacijo objekta v zemljinem magnetnem polju. To polje se spreminja v prostoru in času. Smer njegovih silnic opisujemo z odstopanjem magnetnega severa od geografskega t.j. z deklinacijo. Kakovostna navigacijska baza vsebuje podatke o deklinaciji v določenih točkah območja prikaza, kar omogoča natančno pomoč kompasa v navigaciji.

V navigacijskih sistemih cestnih vozil se večinoma uporablja elektronski kompas. Osnovni sestavni deli takšne naprave so vir izmenične električne napetosti, gonilna tuljava, ki povzroča magnetno polje, visoko permeabilno jedro in dve med seboj pravokotni tuljavi, v katerih se ob spremembi magnetnega pretoka inducira napetost. Zaradi vpliva zunanjega magnetnega polja se v tuljavi inducirata različni napetosti U_y in U_x . Orientacijo kompasa določimo po enačbi 2.1 (Zhao, 1997):

$$\theta = \arctan \frac{U_y}{U_x} \quad (2.1)$$

Pri delovanju tovrstnega kompasa igra pomembno vlogo nasitljivost, lastnost visoko permeabilne snovi, ki lahko »nasiti« gostote magnetnega polja. Tovrstne kompase imenujemo kompasi z zaporo magnetnega pretoka (ang. fluxgate compass).

Kolesni senzorji – diferencialni odometer

je relativni senzor. Enostavni odometer je naprava za merjenje dolžine prevožene poti. Deluje na podlagi števila vrtljajev koles, ki ga omogočajo elektromagnetne in optične naprave.

Sodobni avtomobili vključujejo diferencialni odometer. Ta prevoženo dolžino določa na podlagi števila vrtljajev dveh koles (običajno na nepogonskem paru). Razdalja, ki jo prevozi vozilo, je določena kot srednja vrednost poti, ki jo opravi vsako izmed koles.

$$\Delta D = \frac{\Delta D_R + \Delta D_L}{2} \quad (2.2)$$

kjer je:

ΔDsprememba dolžine poti, ki jo opravi vozilo,

ΔD_R , ΔD_Lsprememba dolžine poti, ki jo opravi desno (levo) kolo.

Diferencialni odometer se uporablja tudi za določitev smeri vozila oz. njegove spremembe:

$$\Delta \theta = \frac{\Delta D_R - \Delta D_L}{L} \quad (2.3)$$

kjer je:

$\Delta \theta$sprememba smeri,

L.....dolžina osi vozila (razdalja med kolesoma).

Žiroskop

Je inercialni sistem (naprava), ki je sposoben vzdrževati absolutno orientacijo v prostoru.

Tako je uporaben kot relativni senzor za zaznavanje sprememb v orientaciji sistema, na katerega je pritrjen. Klasični (mehanski) žiroskop temelji na vztrajnosti vrtilne količine.

Obstajajo pa tudi druge oblike kot so optični, pnevmatski in vibracijski žiroskop.

Osnovna delitev žiroskopov:

- žiroskopi, ki merijo dejanski kot zasuka sistema, na katerega so pritrjeni (ang. rate integrating gyro),
- žiroskopi, ki zaznavajo kotno hitrost rotacije sistema, na katerega so pritrjeni (rate gyro).

V navigacijskih sistemih cestnih vozil se, zaradi ugodnejše cene, uporablja vibracijski žiroskopi. Sestavni del takšne naprave je vibrirajoči element, ki se med delovanjem nahaja v stanju primarnega nihanja. Ob rotaciji sistema je element podvržen delovanju Coriolisove sile, ki povzroči sekundarno nihanje elementa, pravokotno na primarno. Na podlagi sekundarnega nihanja, ki se pretvarja v električno napetost, se določa velikost Coriolisove sile, ki je

premosorazmerna s kotno hitrostjo rotacije sistema. Kotno hitrost in zasuk sistema dobimo po enačbah 2.4 in 2.5 (Zhao,1997):

$$F = 2m\omega v \quad (2.4)$$

$$\theta = \int \omega dt \quad (2.5)$$

kjer je:

F.....velikost Coriolisove sile,

m.....masa vibrirajočega elementa,

ωkotna hitrost sistema,

v.....hitrost vibrirajočega elementa (znano),

θzasuk sistema,

t.....čas.

2.3 Sistem za sledenje vozil

Opredelitev sistema za sledenje vozil

Sistem za sledenje vozil ima korenine v ladjarski industriji. Korporacije z velikimi pošiljkami so zahtevale nekakšen sistem, ki bo pokazal, kje je njihova pošiljka ob katerem koli času na Zemlji.

Sistem dandanes uporablja širok krog uporabnikov, kot so vojska, policija, reševalci, gasilci, transportna podjetja ipd.

Sistem je primeren tudi za posamezna osebna vozila. Ker je uporaba takega sistema previsok strošek, se lastniki avtomobilov načeloma ne odločajo za nakup ali najem takega sistema.

Sistem za sledenje vozil omogoča nadzor skupine vozil. Vozila nadziramo s pomočjo obojesmerne komunikacije z vozniki in pravočasnimi podatki o položaju vozil.





Slika 2.3: Sistem za sledenje vozil in uporabnik

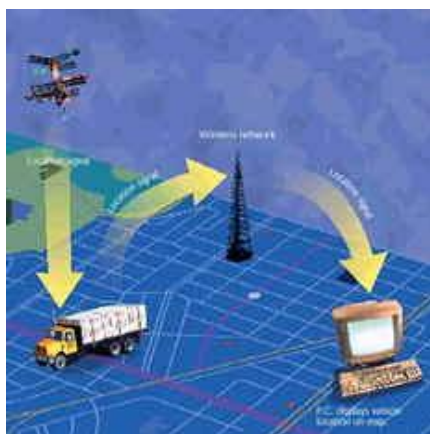
(Žvanut, 2001)

Pravilna uporaba takega sistema prinese podjetju številne prednosti:

- znižanje stroškov zaradi boljše razporeditve in izrabe vozil;
- uporabniki transportne storitve lahko v vsakem trenutku izvedo, kje je njihov tovor, kakšno je njegovo stanje, kdaj bo prispel na cilj ipd.;
- poveča se varnost voznikov, vozil in tovara.

Danes vlada med transportnimi podjetji huda tekmovalnost. Ključno vlogo v bitki za zniževanje stroškov in pridobivanje dodane vrednosti odigra sistem za sledenje vozil. Njegova uporaba je v večjih transportnih podjetjih praktično obvezna.

Delovanje sistema



Slika 2.4: Sistem sledenja vozil

(http://www.uktelematicsonline.co.uk/html/vehicle_tracking.html)

Osnova sistema za sledenje vozil je v vozilo vgrajena mobilna enota, ki omogoča:

- določanje položaja vozila,
- avtomatsko pošiljanje podatkov o položaju vozila, sporočil voznika, delovnih nalogov, podatkov o tovoru, stanju na cestah, hitrosti vozila ipd. preko obojesmerne komunikacije med voznikom in nadzornim centrom,
- sprožitev alarma v primeru ogroženosti,
- zaustavitev motorja na zahtevo nadzornega središča (v primeru ugrabitve),
- tiskanje delovnih nalogov,
- itd.

Dva največja problema, ki jih srečamo pri sistemih za avtomatsko sledenje vozil sta:

- problem določanja položaja vozila in
- prenos podatkov med vozilom in nadzornim središčem.

Pri določanju položaja vozil lahko uporabimo številne tehnologije, kot so GPS, OMEGA, TACAN, VOR, LORAN in omrežje GSM, kjer je omogočena storitev določanja položaja. Izkušnje kažejo, da je najbolj zanesljiva od vseh tehnologija GPS. Natančnost določanja položaja za civilne uporabnike je 15m.

Pri prenosu podatkov med vozilom in nadzornim središčem imamo na razpolago več tehnologij. Lahko uporabimo zemeljske brezžične prenosne sisteme, kot je omrežje GSM, ter satelitske sisteme, kot so Orbcomm, Globalstar, Euteltracs ipd. Izbira tehnologije zelo vpliva na zanesljivost, hitrost in prenos podatkov med vozilom in nadzornim centrom. Satelitski sistemi zagotavljajo večjo zanesljivost, ponavadi je s storitvijo pokrito celotno zemeljsko površje. Slabost te storitve je, da je cena storitve zelo draga. Zemeljski brezžični sistemi so manj zanesljivi kot satelitski, pokritost ozemlja s to storitvijo je manjša, storitve so cenejše.

Večino prevozov, ki jih opravlja podjetjev Sloveniji, je po Evropi, torej območju, kjer je večina glavnih cest pokritih z omrežjem GSM. Velikokrat se zgodi, da morajo dostaviti ali prevzeti blago daleč na vzhodu Evrope, kjer so razmere drugačne in so edina rešitev satelitske komunikacije.

Rešitev je v izdelavi sistema, ki je modularno snovan. Sistem za sledenje vozil mora biti načrtovan tako, da lahko po potrebi zamenjamo komunikacijsko tehnologijo, tehnologijo določanja položaja vozila, operacijski sistem, informacijski sistem ali katerikoli drugi del prenosne enote v vozilu ali nadzornega središča brez večjih posegov.

Če želimo zadostiti nalogam nadzornega centra in prenosni enoti v vozilu, moramo imeti na razpolago ustrezno strojno opremo, ki omogoča:

- shranjevanje sporočil,
- uporabo vnaprej oblikovanih sporočil,
- priključke za razna tipala,
- zaslon ločen od črne skrinjice,
- nastavitve avtomatičnega javljanja iz nadzornega središča,
- uporabo storitve SMS.

Če je možno, naj strojna oprema omogoča še:

- ISDN povezavo z mobilnim izvajalcem ali operaterjem (npr. Mobitelom ali Simobilom),
- prikaz čim večjega števila znakov na voznikovem zaslonu.

Programska oprema mora omogočati:

- odčitavanje položaja vozila,
- možnost ročnega pošiljanja sporočil iz vozila,
- označevanje ali šifriranje vozil.

Če je možno, naj programska oprema omogoča še:

- digitaliziran zemljevid za prikaz vozil,
- izračun dolžine poti,
- prikaz ostalih objektov na zemljevidu v nadzornem središču,
- razvrščanje vozil po skupinah,
- prikaz vozil glede na njihov status,
- mrežno različico programa v nadzornem središču,
- iskanje vozil po raznih sodilih,
- potrjevanje sprejema sporočil.

Sistem spremlja delovanje vozila in določa položaj z uporabo sistema za globalno pozicioniranje GPS (Global Positioning System). Za določanje pozicije mora sistem oz. centralna enota sprejeti signale od vsaj treh satelitov. Podatke o vozilu enota pošilja v nadzorni center preko GSM komunikacijskega omrežja. Podatki se prek brezžične povezave GPRS (ali DATA) prenesejo na strežnik nadzornega centra, kjer se analizirajo, prikažejo in shranijo za kasnejšo analizo.

Centralna enota je fiksno nameščena v vozilu in nadzoruje njegovo delovanje ter s pomočjo sistema za globalno pozicioniranje (GPS) neprestano spremlja položaj vozila.

Lastnosti mobilne enote:

- je kompaktna naprava z vzdržljivim ohišjem,
- vgrajena je na nevidnem mestu,
- vgrajen ima GSM/GPRS ali DATA modem za prenos podatkov,
- vgrajen ima GPS sprejemnik za določanje položaja,
- ima vhode in izhode za priklop perifernih enot (vhode preko vmesnikov povežemo z merilnimi senzorji in tipali, izhode preko vmesnikov priklopimo na naprave in jih krmilimo, kot so sirena, blokada motorja, centralno zaklepanje vrat,...).

V nadzornem centru se izmenjujejo podatki med mobilno enoto in nadzornim centrom, shranjujejo se podatki za kasnejšo analizo in uporabniku se posreduje zahtevane podatke.

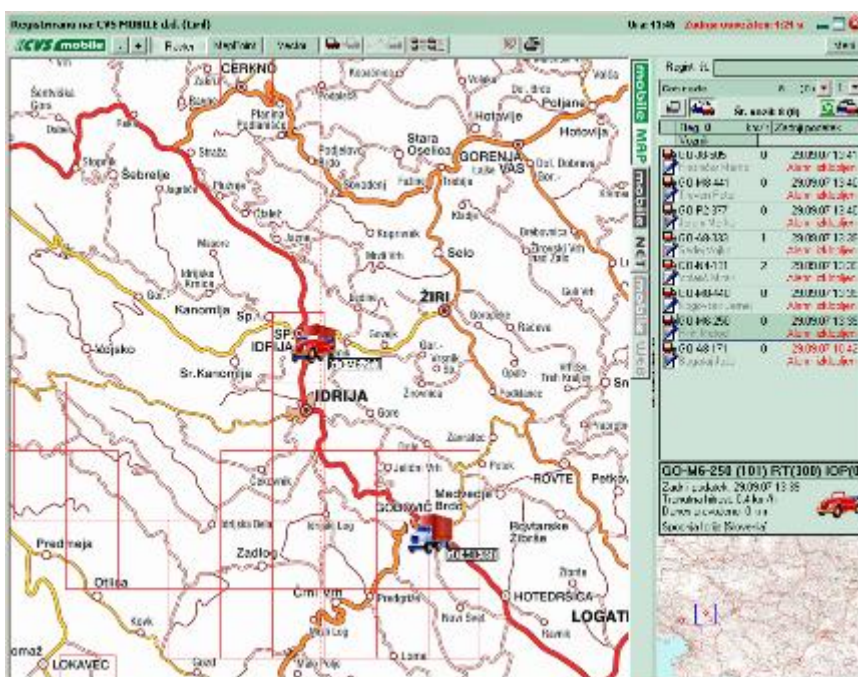
V nadzornem centru je postavljen strežnik, katerega osnovni gradniki so komunikacijski vmesnik, podatkovne baze in aplikacijski vmesnik.

Komunikacijski vmesnik sestavljata mobilna enota in komunikacijski strežnik. Mobilna enota omogoča spremljanje pozicije in nadzor delovanja vozila s pomočjo GPS sprejemnika. Komunikacijski strežnik po vnaprej določenih časovnih intervalih komunicira z mobilno enoto. Na njen najprej »prebere« pozicijo in osnovne telemetrične podatke o vozilu (podatki na računalniku od avtomobila). Podatki se preko brezžičnega GSM omrežja pošiljajo na komunikacijski strežnik, ki podatke o poziciji in telemetrične podatke vozila vpiše v **podatkovno bazo** na centralnem podatkovnem strežniku.

V okviru nadzornega centra je vzpostavljen tudi sistem za hranjenje, vzdrževanje in varovanje podatkov.

Dostop do sistema se izvaja preko spletnega strežnika, ki se nahaja na lokaciji ponudnika storitve. Za dostop do storitve potrebuje uporabnik povprečno zmogljiv računalni in dostop do interneta. Uporabnik lahko svojim vozilom sledi preko programa Internet Explorer (Web aplikacija) oz. preko nameščene aplikacije na svojem računalniku (Desktop aplikacija).

Sam sistem je zasnovan tako, da ni potreben nakup dodatne strojne in programske opreme, možna je hitra in enostavna nadgradnja aplikacij.



Slika 2.5: Primer aplikacije sistema za sledenje vozil (www.cvs-mobile.com)

Preko uporabniških aplikacij uporabniki dostopajo do vseh uporabniških funkcij ponudnika sistema.

Aplikacije omogočajo enostavno uporabo in so učinkovito orodje za upravljanje voznih parkov in omogočajo sledeče:

- pozicioniranje in sledenje vozil,
- analizo voženj,
- vodenje evidence podatkov o voznem parku,
- optimizacijo voženj in načrtovanje poti,
- evidenco potnih nalogov,
- izdelava poročil in analize podatkov o voznem parku,
- opozorila in alarmi.

Spremljanje pozicije vozila in analiza voženj:

Sistem ponudnika omogoča spremljanje trenutnega položaja in spremljanje vozil v realnem času (*real time tracking*). Možen je pregled voženj za določen dan ali poljubno preteklo časovno obdobje.

Pregled podatkov o vožnjah je možen v različnih oblikah: na vektorskih digitalnih kartah, v obliki tabelarnih zapisov, v obliki formatiranih poročil, ki jih lahko tudi natisnemo.

Vodenje voznega parka:

Sistem omogoča vodenje, urejanje in pregledovanje različnih podatkov o vozilih in voznikih, preteklih in prihajajočih registracijah, rednih servisnih pregledih, stroški nakupa goriva,...

Omogoča tudi spremljanje in nadzor kilometrin ter potnih in delovnih nalogov.

Vsi ti podatki se shranjujejo na strežniku in so na voljo za kasnejšo izdelavo tedenskih, mesečnih, letnih poročil,...

Sistem omogoča tudi izdelavo različnih analiz, ki se izvajajo na podlagi baz prostorskih podatkov kot so:

- iskanje in izbiranje lokacij iz baze naslovov, uporabnikovih naročnikov, seznama dostavnih mest,...
- izračun najkrajših in najhitrejših poti do željene destinacije,
- izbor območij glede na različne kriterije,
- primerjava med obstoječim in optimalnim razporedom voženj,
- ipd.

3 TEHNOLOGIJE PRENOSA PODATKOV¹

¹ Povzeto po M. Šolič, Sledenje vozil s pomočjo sistemov GPS in GPRS

Sistem za sledenje vozil uporablja za prenos podatkov tehnologijo GPRS, zato je ta tehnologija druge generacije predstavljena podrobnejše.

3.1 GPRS (General Pocket Radio Service)

GPRS je storitev namenjena mobilnim telefonom in omogoča paketni prenos podatkov. Je mobilna podatkovna storitev, ki izkorišča internetne storitve.

Razlikuje se od starejše CSD (Circuit Switched Data) povezave, vključene v GSM standarde. CSD je paketno – preklopna podatkovna storitev in je starejša od GPRS – a. Za podatkovni prenos je bila vzpostavljena dvosmerna povezava, ki je imela na razpolago celotno pasovno širino, dokler ni bila prekinjena.

GPRS temelji na paketnem prenosu podatkov, kar pomeni da več uporabnikov ali povezav uporablja iste prenosne poti in si deli pasovno širino glede na potrebe komunikacije. To pomeni, da več uporabnikov uporablja isti kanal, pošilja pa samo tistim, ki imajo kaj poslati. Tako se uporabniku ob začetku pošiljanja takoj dodeli vso pasovno širino, s čimer se doseže boljša učinkovitost za uporabnike, ki pošiljajo in sprejemajo podatke s prekinitvami. Celotna pasovna širina je vedno na voljo kateremukoli uporabniku, ki v tistem trenutku želi prenašati podatke. S tem se zelo zviša izkoristek omrežja, ko uporabniki le občasno prenašajo večje količine podatkov.

GPRS storitev se lahko uporablja tudi kot osnova za WAP, SMS ali MMS. Najzanimivejša primera sprejemanja podatkov s prekinitvami sta brskanje po internetnih straneh in sprejemanj elektronske pošte.

Pri storitvah GPRS se običajno zaračunava kiloBajt poslanih/sprejetih podatkov, medtem ko se pri CSD zaračunava dolžina trajanja (čas) podatkovne povezave. Pri slednjem zaradi dejstva, da tudi, ko ne pošilja nič uporablja celotno pasovno širino povezave.

CSD obračunava po času vzpostavljene povezave, ne glede na to ali se podatki prenašajo ali pa je povezava neaktivna.

Cena prenosa podatkov preko GPRS je relativno poceni in jo operaterji obračunavajo na kB prenesenih podatkov. Ravno zaradi tega razloga se za prenos podatkov pri sistemu za sledenje vozil uporablja GPRS storitev. Če pogledamo malo v prihodnost, sta EDGE in UMTS storitev, še hitrejši in cenejši način prenos podatkov.

Razvoj teži k uporabi teh dveh načinov prenosa podatkov.

Hitrost prenosa podatkov

Hitrost prenosa podatkov je odvisna od števila časovnih oken oz. od časovnih rezin (TDMA), ki jih ima lahko GPRS naprava naenkrat odprtih in od načina kodiranja.

TDMA (Time Division Multiple Access) je metoda, ki omogoča, da si lahko več uporabnikov deli isti frekvenčni kanal in sicer tako, da razdeli signal na časovna okna. Naprave razdelimo na različne razrede glede na to, koliko časovnih oken so sposobne uporabljati. Ti razredi se imenujejo "GPRS Multislot Class".

Preglednica 1: Opis večokenskih razredov (Multislot Class) (Šolič, 2007)

Število časovnih oken			
Razred	Za sprejemanje	Za oddajanje	Aktivnih
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5
13	5	3	6

Število časovnih oken nam pove, koliko le-teh je naprava sposobna simultano uporabljati za sprejemanje in oddajanje.

Drugi faktor, ki vpliva na hitrost prenosa podatkov je način kodiranja. Za kodiranje se uporabljajo 4 sheme od CS – 1, CS – 2, CS – 3 in CS – 4.

Katero shemo se uporablja je odvisno od lokacije naprave. V bližini oddajno – sprejemne postaje (GSM bazna postaja) se uporablja shema CS – 4. Je najhitrejša, doseže hitrost do 21,4 kbps na časovno okno. Najdlje od postaje se uporablja robustno shemo CS – 1, ki premore hitrost do 9.05 kbps. Pri uporabi CS – 4 sheme ima GSM bazna postaja pokritost 25%, medtem ko ima pri CS – 1 98% pokritost od normalne. Nekatere bazne postaje imajo možnost spreminjanja kodne sheme glede na položaj GPRS naprave.

Preglednica 2: Hitrost prenosa podatkov glede na kodno shemo (Šolič, 2007)

Kodna shema	Hitrost (kbps) na časovno okno	Kodirno razmerje
CS – 1	9,05	0,5
CS – 2	13,4	0,66
CS – 3	15,6	0,75
CS – 4	21,4	1,0

Preglednica 3: Primerjava hitrosti med tehnologijami (Šolič, 2007)

Maksimalne hitrosti		
	Sprejem (kbps)	Oddaja (kbps)
CSD	9,6	9,6
HSCSD	28,8	14,4 (2+1)
HSCSD	43,2	14,4 (3+1)
GPRS 4+1	85,6	21,4 (razred 8 + CS – 4)
GPRS 3+2	64,2	42,8 (razred 9 + CS – 4)
EDGE	236,8	59,2

V zgornji tabeli si primerjave maksimalne hitrosti po posameznih tehnologijah. K že prej opisanima tehnologijama, sta dodani še dve in sicer HSCSD in EDGE.

HSCSD je posodobitev CSD tehnologije. Razlika med njima je, da HSCSD uporablja različno kodirno metodo in /ali več časovnih oken.

EDGE je razširitev GPRS – a, ki z drugačno metodo kodiranja in redunančnim pošiljanjem paketov pridobi na hitrosti.

Maksimalne hitrosti GPRS se gibljejo od 32 – 40 kbps, odvisno od uporabljene GPS naprave. Odzivni čas je dokaj velik, običajno mora poizvedba čakati na odgovor 600ms do 1s (pri tem je upoštevan čas obdelave poizvedbe).

GPRS ima nižjo prioriteto kot govor, zato lahko kakovost povezave zelo niha.

3.2 UMTS – Universal Mobile System

UMTS predstavlja tretjo generacijo mobilnih telekomunikacij in je univerzalni telekomunikacijski sistem.

Prednosti sistema UMTS:

- prenos podatkov dosega hitrosti 384 Kb/s,
- prenos žive slike in zvoka,
- sočasen prenos besedila, slike in zvoka,
- hitrejše delovanje internetnih aplikacij.

UMTS je nadgrnja mobilnih telekomunikacij druge generacije GSM, preko 2,5 generacije GPRS. Razvili so jo z namenom, da bi uporabniku zagotovili uporabo storitev kjerkoli in kadarkoli.

Septembra 2007 je s signalom Mobitel UMTS pokritega 72,3 % prebivalstva Slovenije.(www.debitel.si).

3.3 HSDPA (High – Speed Downlink Protocol Acces)

HSDPA je protokol, ki omogoča doseganje še višjih hitrosti prenosa podatkov na UMTS omrežju, do 3,6 Mbit/s. (www.simobil.si).

3.4 EDGE ali EGPRS – Enhanced Data rates for Global Evolution

EDGE ali EGPRS pomeni izboljšanje hitrosti prenosa za globalni napredek in je nadgradnja GPRS. Je tehnologija tretje generacije mobilne telefonije, kakor tudi UMTS.

Je tehnologija, ki izboljša zmogljivost GSM/GPRS omrežja in omogoča do štirikrat hitrejši prenos podatkov kot GPRS, do 236 Kb/s, v prihodnosti pa se lahko hitrost poveča tudi do 384bit/s. (www.simobil.si).

Na območjih, kjer sistem hitrejšega prenosa podatkov ni dostopen, se prenos podatkov avtomatsko prenese na počasnejšega:

HSDPA → UMTS → EDGE → GPRS.

4 GPS

GPS (Global Positioning System) je razvilo ameriško ministrstvo za obrambo in je v bil v osnovi namenjen vojaški uporabi. Danes ga uporabljajo tudi civilni uporabniki.

4.1 Lastnosti GPS

GPS sistem sestavljajo trije segmenti:

- vesoljski segment,
- kontrolni segment,
- uporabniški segment.

Vesoljski segment predstavlja 24 navigacijskih satelitov, ki krožijo okrog zemlje v šestih (6) orbitalnih ravninah krožijo okrog Zemlje in neprekinjeno oddajajo signal, na osnovi katerega pridobimo na površju Zemlje in v njeni bližini podatek o položaju sprejemnika, kakor tudi o času satelita (čas oddaje signala).

Kontrolni segment sestavljajo kontrolne postaje, ki so enakomerno razporejene vzdolž ekvatorja in glavna kontrolna postaja (Master Control Station) v bližino Colorado Springsa v ZDA. Glavna kontrolna postaja komunicira s sateliti in tako odstranjuje eventuelne težave, posreduje satelitom parametre o tirnicah GPS satelitov.

Glavna naloga kontrolnega sistema je ugotavljanje stanja sistema in posameznih satelitov GPS na osnovi sprejetih signalov GPS satelitov, določanje parametrov tirnic GPS satelitov, ugotavljanje urnega teka satelitovih ur in periodično obnavljanje navigacijskega poročila. (Pavlovčič, Stopar, 2001).

Civilni uporabniki GPS sistema sestavljajo t.i. uporabniški sistem. Taki uporabniki GPS sistema na osnovi sprejetega signala določajo položaj, hitrost, podatek o času in imajo omejen dostop do vsebine satelitskega signala glede na vsabino, ki jo imajo na razpolago pooblaščen oz. vojaški uporabniki.

4.2 Določitev položaja

Določitev položaja na osnovi GPS opazovanj lahko primerjamo s trilateracijo. Obe tehniki temeljita na osnovi opazovanj razdalij med danimi in novimi točkami. Dane točke so v tem primeru GPS sateliti, katerih položaj je v vsakem trenutku znan. (Pavlovčič, Stopar, 2001).

GPS zagotavlja določitev položaja v globalnih, geocentričnih, pritrjenih na zemljo 3D koordinatnih sistemih.

Za določitev položaja nove točke $T(x, y, z)$ GPS sprejemnika v 3D kartezičnem koordinatnem sistemu je potrebno poznati najmanj 3 razdalje p_1, p_2, p_3 od točke T do danih točk satelitov $T_1(x_1, y_1, z_1), T_2(x_2, y_2, z_2), T_3(x_3, y_3, z_3)$, katerih položaj je znan. Rešitev sistema enačb (4.1) so koordinate nove točke T :

$$\begin{aligned} p_1 &= \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2} \\ p_2 &= \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2} \\ p_3 &= \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2} \end{aligned} \quad (4.1)$$

GPS sistem imenujemo tudi pasivni sistem, kjer sta sprejemnik (GPS sprejemnik, katerega funkcija je samo sprejema s satelita oddanega signala) in oddajnik (GPS satelit) fizično ločena. Signal, oddan z enega sprejemnika, je v pasivnem sistemu mogoč z neomejenim številom sprejemnikov.

Osnova za določitev položaja je časovni interval, ki ga signal potrebuje za pot od oddajnika do sprejemnika. Časovni interval je določen kot razlika časovnih trenutkov oddaje in sprejema signala in je v primeru GPS je pridobljen na osnovi trenutka oddaje signala s satelitovim sistemom ur, trenutek sprejema signala pa s sprejemnikovo uro. Torej mora GPS signal vsebovati tudi podatek o točnem času oddaje signala.

Na osnovi razlik časov oddaje in sprejema signala se določi razdalja p med satelitom in sprejemnikom.

Določitev položaja pri GPS temelji na vsebini satelitskega signala, ki mora vsebovati:

- podatek o času satelita,
- trenutni položaj satelita,
- informacije o Zemeljski atmosferi,
- podatke za identifikacijo posameznega satelita.

Te podatke vsebuje t.i. navigacijsko sporočilo, ki ga od satelita prejme sprejemnik.

Na krovih satelitov so natančne atomske ure. Sprejemniki imajo cenejše in manj natančne ure, kar otežuje določite časa potovanja signala, zato je potrebno v opazovanja vključiti še četrti satelit (četrti dana točka), da odpravimo neznanko pogreška sprejemnikove ure.

Tak način določitve položaja sprejemnika imenujemo tudi absolutna določitev položaja sprejemnika.

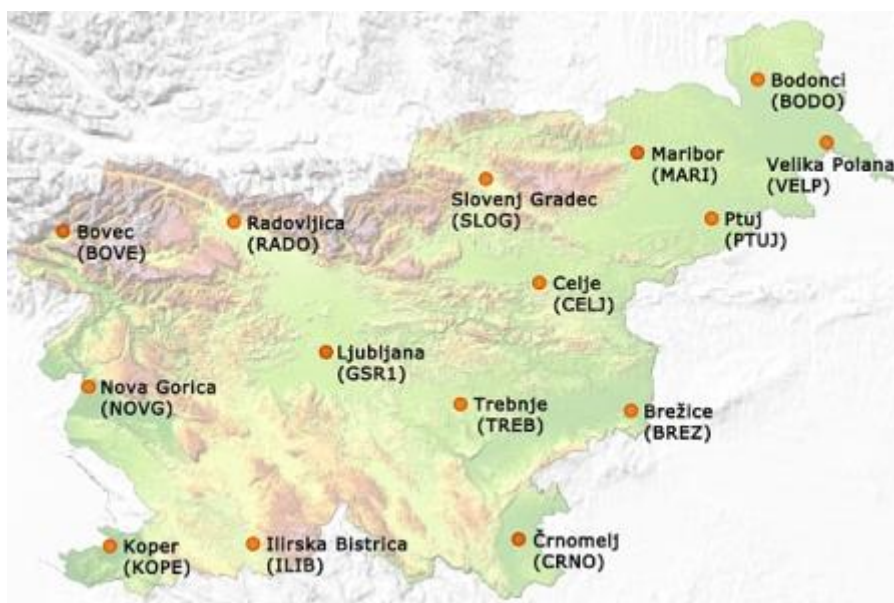
Sistem DGPS (diferencialni GPS) natančneje določa položaj sprejemnika. Gre za relativno oz. diferencialno določitev položaja lastnega sprejemnika glede na izbrano GPS postajo v omrežju. V tem primeru je položaj navezan na omrežje, medtem ko pri absolutni določitvi položaja ni navezave na omrežje.

Sistem DGPS določa položaj nove točke s pomočjo dveh GPS sprejemnikov. Od tega je eden postavljen na točki katere položaj je znan. To je referenčna točka, katero vlogo prevzame sistem omrežja SIGNAL. Ko primerjamo dani in trenutno določeni položaj referenčnega sprejemnika dobimo t.i. diferencialni popravek, katerega velikost je odvisna od zahtevane natančnosti in velja za širše območje.

Z uporabo komunikacijskih storitev DGPS omogoča uporabo diferencialnega popravka in s tem natančno določitev položaja v realnem času.

V omrežje SIGNAL je vključenih 15 stalnih GPS postaj, ki so komunikacijsko povezane s centrom omrežja. V Sloveniji je vzpostavljeno državno omrežje stalnih GPS-postaj z imenom **SIGNAL (SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija)**. Ljubljanska postaja je vključena tudi v evropsko mrežo stalnih postaj EPN (angl. European Permanent Network). Omrežje je osnova državne geoinformacijske infrastrukture in predstavlja ogrodje novega slovenskega državnega koordinatnega sistema.

Omrežje torej omogoča racionalnejšo izmero, saj uporabniku nadomešča referenčni sprejemnik. (www.gu-signal.si)



Slika 4.1: Omrežje GPS postaj v Sloveniji (SIGNAL) (www.gu-signal.si)

Mrežo permanentnih postaj v Sloveniji in tudi drugje po svet lahko mirno uporabimo za sistem sledenja vozil.

5 DIGITALNA PODATKOVNA BAZA ZA NAVIGACIJO IN SLEDENJE VOZIL

Digitalno podatkovno bazo poznamo tudi pod imenom kartografska podatkovna baza in digitalna karta. Izraz digitalna karta ni najprimernejši.

Digitalna karta je digitaliziran, pomanjšan in s kartografskimi znaki pojasnjen prikaz prostora v izbrani projekciji. Od analogne karte se razlikuje le po mediju, ki ga uporabimo za prikaz, v funkcionalnosti in fizičnem izgledu pa ni bistvene razlike.

V kartografski podatkovni bazi za kartografskim prikazom prostora stoji podatkovna struktura, ki poleg prikaza omogoča še mnoge druge funkcije, ki jih pripisujemo geografskim informacijskim sistemom (GIS).

5.1 Vektorska karta kot podatkovna struktura GIS

Vektorska karta je karta v digitalni obliki, za katero stoji obsežna podatkovna struktura.

Geografski informacijski sistem ima mnogo definicij. Ena izmed mnogih je, da je geografski informacijski sistem (GIS) računalniško podprt podatkovno procesni sistem za učinkovito zajemanje, shranjevanje, vzdrževanje, obdelave, analize, porazdeljevanje prostorskih (geografskih) podatkov. (Šumrada, 2005).

5.1.1 Geografski podatki in GIS podatkovne baze

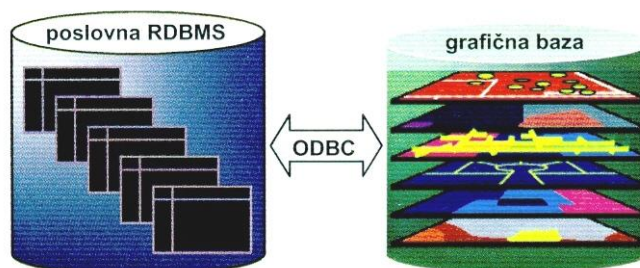
Prostorske (geografske) podatke lahko opredelimo kot podatke o opisnih, lokacijskih in kartografskih lastnostih ter odnosih med geografskimi objekti, katerih lokacija je podana v enotnem georeferenčnem sistemu (Šumrada, 2005).

Geografski podatki so shranjeni v integrirani GIS – podatkovni bazi, ki jo tvorita:

- splošna **baza za tematske** (ali opisne) **podatke**, ki jo imenujemo tudi atributna podatkovna baza (DBMS). V njej so shranjeni tematski podatki, ki podajajo opis in pomen geografskih objektov.
- posebna **grafična podatkovna baza**, v kateri so shranjeni razni lokacijski, grafični in topološki podatki in je tudi osrednji del sistema GIS.

Grafični podatki podajajo položaj, povezljivost, sestavo in obliko geografskih objektov (Šumrada, 2005).

Dandanes se že uporabljajo objektno usmerjene baze, vendar pa so podatki, s katerimi operirajo uporabniki še vedno večinoma hranjeni v obliki relacijskih podatkovnih baz, za katere velja t.i. **dvojna arhitektura**. Obe podatkovni bazi (tematska in grafična) sta povezani s skupnimi identifikatorji geografskih objektov. Povezava med bazama je fizično omogočena s standardnimi vmesniki (npr. ODBC – Open Database Connectivity).



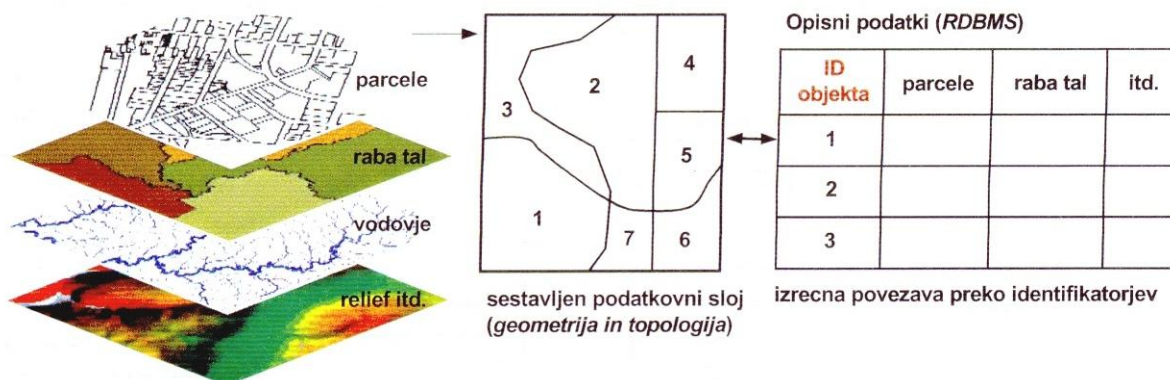
Slika 5.1: Povezava med podatkovnima bazama (Šumrada, 2005)

Pri objektno usmerjenih bazah se vse vrste podatkov s procesnimi lastnostmi hranijo skupaj v eni bazi.

5.1.2 Kartografski podatkovni model

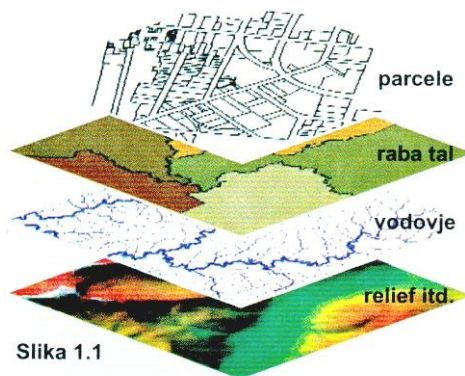
Večina sodobnih grafičnih podatkovnih baz orodjih GIS temelji na tradicionalnem kartografskem modelu. Osnovno načelo je razstavitev obravnavanega območja na tematske plasti ali dvorazsežne podatkovne sloje.

Vsak podatkovni sloj obravnava določen vidik ali lastnost območja obravnave, ki je poenostavljen in opredeljen kot model izbranega dela stvarnosti (Šumrada, 2005).



Slika 5.2: Kartografski podatkovni model (Šumrada, 2005)

Tematska plast (prosojnica) ali podatkovni sloj predstavlja niz geografskih atributnih in grafičnih podatkov, ki opisujejo prostorsko variacijo ene značilnosti na obravnavanem območju. V sklopu takih tematskih plasti se lahko, glede na vsebovane gradnike, prosojnice še naprej vodoravno razdelijo na točkovne, linijske in območne vsebinske sloje (Šumrada, 2003).



Slika 5.3: Razslojitev na tematske plasti (Šumrada, 2005)

5.1.3 Grafična baza podatkov

Ljudje zaznavamo stvarno okolje kot tridimenzionalno, predstavitev geografskih objektov v sistemu GIS pa je še vedno večinoma dvodimenzionalna.

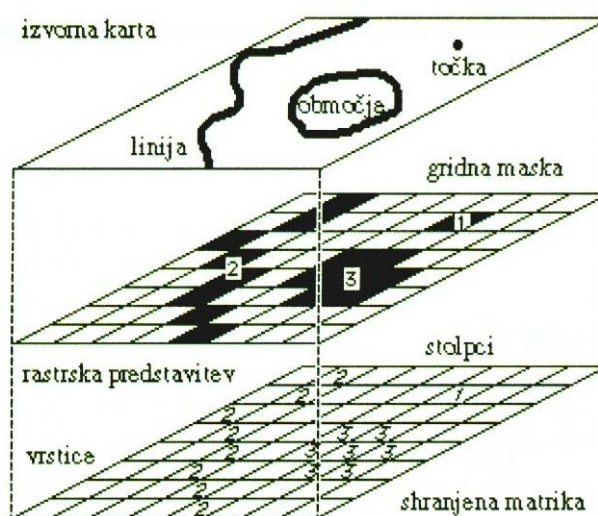
Kartografska predstavitev prostorskih objektov v GIS bazi je vsebinsko razslojena na podatkovne sloje in temelji na dveh vrstah podatkov: opisnih in lokacijskih atributih.

Grafično podatkovno bazo lahko predstavimo v **rastrski** ali v **vektorski** obliki.

Rastrska struktura grafičnih podatkov je sestavljena iz dvorazsežnega polja ali matrike gridnih celic. Položaj vsake celice v modelu je enolično določen s številko vrstice in stolpca v gridni mreži ali matriki. Vsaka celica lahko vsebuje tudi podatek ali kodo o atributu, ki ga prikazuje. Vsaki celici se lahko dodeli ena sama vrednost ali pa izjemoma nobena vrednost (ni podatka) (Šumrada, 2005).

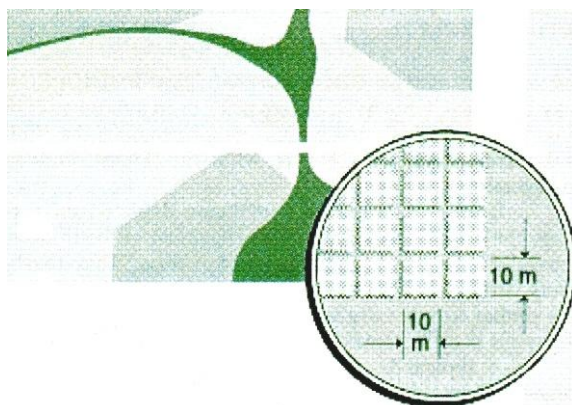
V rastrski organizaciji podatkov je:

- **točka** predstavljena z eno samo celico,
- **linija** sestavljena iz določenega števila sosednjih celic z enako vrednostjo, ki so razvrščene v določeni smeri,
- **območje** sestavljeno iz množice sosednjih celic z enako vrednostjo



Slika 5.4: Načela rastrske obravnave prostora (Šumrada, 2005)

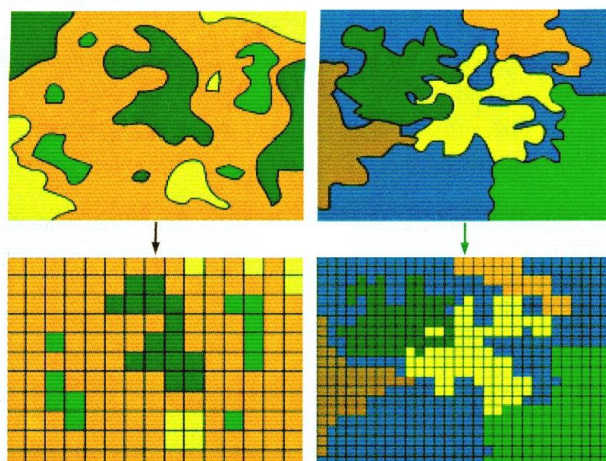
Taka podatkovna struktura tudi pomeni, da je 2D ravnina ravna in sestavljena iz enoličnih celic, ter zato ni zvezna.



Slika 5.5: Nezveznost 2D ravnine pri rastrski strukturi grafičnih podatkov (Šumrada, 2005)

Takšna rastrska upodobitev je zvezna na nivoju določene ločljivosti (resolucije).

Ločljivost (resolucija) rastrskih podatkov je merilo, ki podaja razmerje med velikostjo gridne celice v bazi podatkov in velikostjo celice v naravi (Šumrada, 2005).



Slika 5.6: Geometrična resolucija in gridna celica (Šumrada, 2005)

Rastrski podatkovni model omogoča zelo hiter in enostaven zajem podatkov, zelo dobre površinske analize, ima enostavno podatkovno strukturo, slabo geometrično natančnost, slabe mrežne analize in ravno zaradi tega ta vrsta pristopa ni primerna za prikaz sledenja vozil. Poleg tega pa vsebuje veliko količino podatkov, kar pomeni, da zavzame veliko pomnilniškega prostora in je procesno zahteven.

Vektorska organizacija geometričnih podatkov temelji na treh osnovnih grafičnih gradnikih, ki so točka, linija in območje (areal).

- **točka** je 0 – razsežni objekt, ki podaja lokacijo z nizom koordinat $T_i(x_i, y_i, z_i)$
- **linija** je 1 – razsežni objekt, ki ponazarja premo povezavo ali črto med dvema točkama
- **območje** (z enostavno mejo) je 2 – razsežni objekt in je podan s poligoni

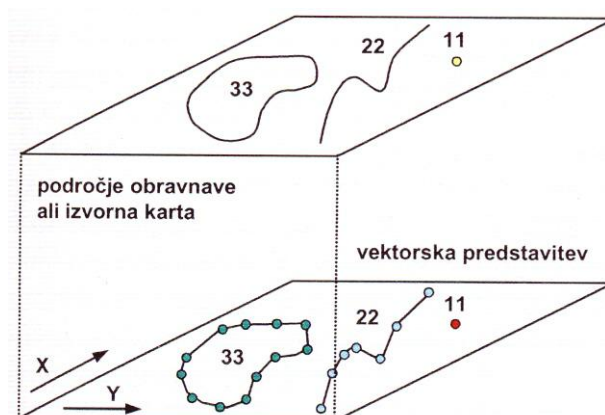
Vsako območje določajo vsaj tri obodne linije (meja), katere določajo vsaj tri lomne točke. Območja so lahko tudi osnova za sestavo trirazsežnega telesa.

V vektorskih grafičnih bazah podatkov so območja predstavljena z obodnimi sklenjenimi poligoni (Šumrada, 2005).

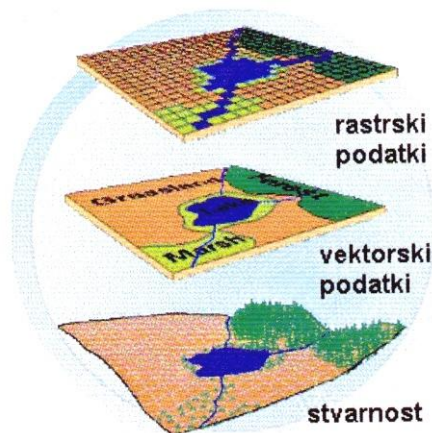
Vsi trije grafični gradniki (točka, linija, območje) so opredeljeni s ključnimi točkami in povezavami med njimi. Te ključne točke so podane s koordinatami v svojem koordinatnem sistemu.

V vektorskem podatkovnem modelu so vsi geografski pojavi določeni z grafičnimi gradniki, ki jih delimo na:

- točkovne objekte,
- linijske objekte,
- območne objekte.



Slika 5.7: Vektorski podatkovni model (Šumrada, 2005)



Slika 5.8: Primerjava rastrskih in vektorskih podatkov (Šumrada, 2005)

5.1.3.1 Kodiranje prostorskih podatkov

Na tradicionalnih topografskih kartah so prikazani podatki poenostavljeni, pomanjšani in kodirani. Ceste, meje in drugi linijski objekti so prikazani s črtami različnih debelin in barv. Točkovni elementi so podani s kartografskimi in pogojnimi znaki. Položajni in opisni podatki, ki so kodirani, pomensko določajo vse geografske objekte, ki se prikazujejo na karti. (Šumrada, 2005)

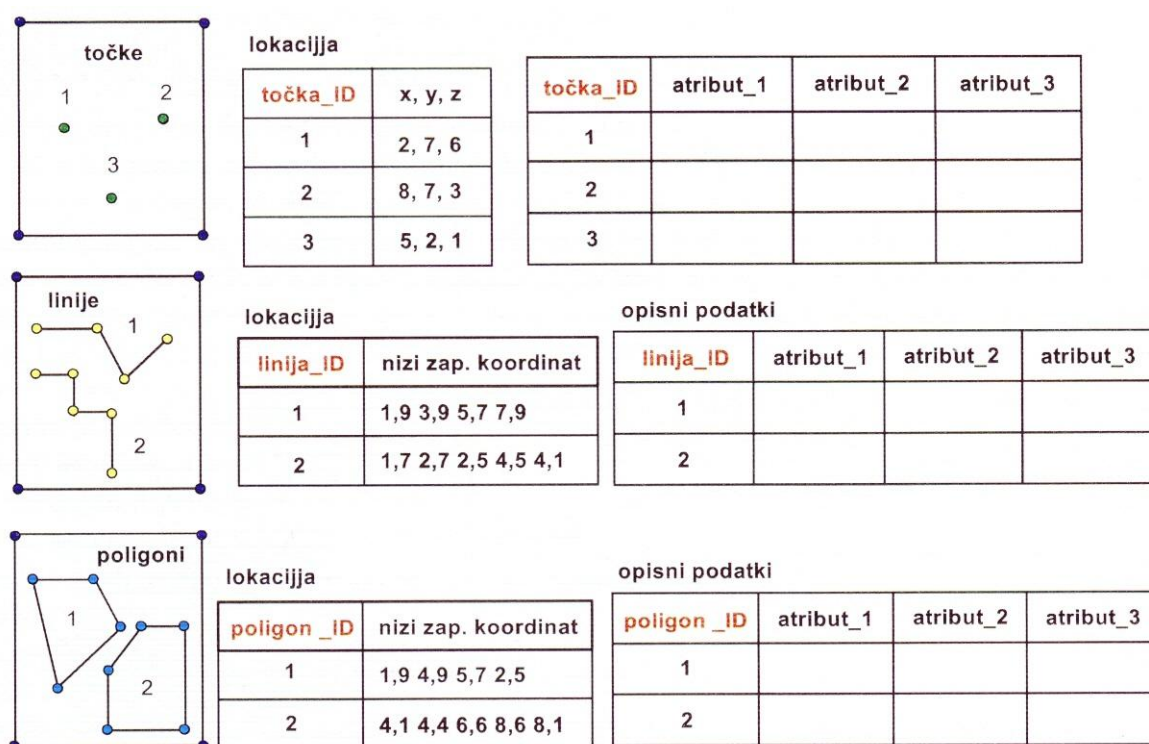
Digitalna karta temelji na digitalnih podatkih. Vsem podatkom se že med zajemanjem ali urejanjem pripišejo ustrezne prepoznavne šifre, ki so numerične kodne vrednosti. Kode pojasnjene vrsto, pomen, hierarhijo in lastnosti registriranih geografskih objektov. Podatkovne zapise sestavljajo dolge serije kod, ki jih predstavlja zaporedja celih števil. Take kode vsebujejo identifikacijo objekta, njegovo klasifikacijo, serije koordinatnih zapisov in različne grafične attribute (kartografske spremenljivke), kot so, denimo, šifre za oznako črt, barvo, orientacijo in velikost zankov itd., ki so pomembni za dejansko ponazoritev objekta. (Šumrada, 2005).

Vsakemu prostorskemu objektu se pripišejo koordinate, identifikator in dodatni atribut (Šumrada, 2005). Identifikatorji prostorskih objektov se navadno vnašajo skupaj z drugimi podatki oziroma med digitalizacijo ali urejanjem podatkov. Najpogosteje so identifikatorji

objektov cela števila. Vsi ostali opisni podatki se vežejo na njegov identifikator in so lahko shranjeni skupaj s koordinatami. Tematski in grafični podatki o geografskih objektih so navadno ustrezno kodirani s standardnim sistemom šifer.

5.1.3.2 Shranjevanje vektorskih podatkov

Osnovni vektorski podatki so lahko shranjeni kot koordinatni niz detajlnih točk.



Slika 5.9: Vektorski podatki, shranjeni v obliki relacijskega podatkovnega modela
 (Šumrada, 2005)

Osnovni digitalni grafični podatki so sestavljeni iz koordinatnih nizov detajlnih točk.

Pri nepovezani ali špagetni organizaciji se vse točke in linije shranijo v obliki nepovezanih zaporedij koordinat. Tako načelo shranjevanja zahteva, da so iskanja podatkov zaporedna (Šumrada, 2005), kar je dolgotrajen in zamuden postopek. Dodatna težava je tudi shranjevanje nepovezanih podatkov, ki zahteva veliko pomnilnika, ker so vse koordinate poligonov in vozlišč shranjene neodvisno in zato navadno po večkrat (Šumrada, 2005).

Nasrotje špagetni organizaciji je **topološko urejen podatkovni model**.

5.1.4 Topologija

Beseda *topologija* izvira iz grškega jezika. Sestavljena je iz dveh besed, in sicer topos pomeni kraj in logos nauk.

Topologija podaja povezljivost, zaporednost in opisuje logične sosedske odnose med lokacijami posameznih geografskih pojavov v prostoru, se pravi podaja logične odnose med geografskimi objekti.

Topološko opredeljeni in shranjeni grafični gradniki (točka, linija, poligon) lahko vsebujejo tudi podatke o povezljivosti in svojih sosedih (Šumrada, 2005).

V topološke modelu so ekvivalenti osnovnih grafičnih gradnikov (točka, linija, območje) naslednji:

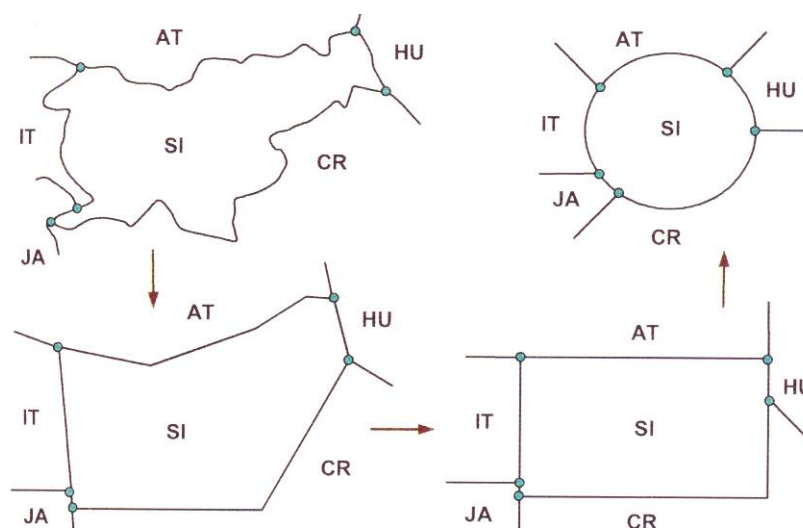
- vozlišče je 0 razsežni objekt, ki je topološko stičišče in lahko tudi določa geometrično lokacijo s pomočjo koordinat (x_i, y_i, z_i)
- segment je 1 razsežni objekt, ki predstavlja topološko povezavo med dvema vozliščema
- rob ali vektor predstavlja usmerjeno povezavo med dvema vozliščema z opredeljeno smerjo in izrecno izraženo topologijo
- površina je dvodimenzionalni objekt, ki je opredeljen z enim ali več obodnimi robovi.
- (Radovan, 2003)

S topološko organiziranimi podatki je mogoča sestava ustreznih avtomatskih postopkov za preverjanje povezav med podatki, zato morajo geografski podatki ustrezati naslednjim določilom:

- vsak segment določata natanko dve vozlišči,
- vsak segment obdajata dve območji,
- vsako območje omejuje pravilno usmerjen zaključen poligon razvrščenih segmentov,
- vsako vozlišče mora obdajati eno samo usmerjeno zaporedje razvrščenih območij.

Najpomembnejši topološki odnosi, ki morajo biti opredeljeni v topološkem podatkovnem modelu so:

- zaporedje površin, ki odajajo vozlišče,
- robovi, ki se stikajo v vozlišču,
- začetna in končna točka roba,
- površine, ki obdajajo rob,
- zaporedje robov, ki tvorijo poligon,
- zaporedje robov, ki omejujejo površino.



Slika 5.10: Topološki odnosi (Šumrada, 2005)

V GIS se topologija vodi kot opisni atribut.

Vsakemu gradniku pripadajo podatki o njegovem položaju (koordinate), obliki, opisni atributi, topološki atributi (sosodstvo, povezljivost),...

6 KARTOGRAFIJA ²

Kartografija je znanost o zgodovini, načinih prikaza, izdelave, uporabe in vzdrževanja kart in ostalih grafičnih prikazov površine Zemlje ali drugih nebesnih teles, pa tudi prikaz stanj in pojavov, povezanih s temi površinami. Naloga kartografije je organiziranje in posredovanje prostorskih informacij v grafični in digitalni obliki.

(http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/topo_in_karto.pdf)

6.1 Zgodovinski razvoj kart

Karte so eden najstarejših načinov kumikacije, shranjevanja in prenosa podatkov.

6.1.1 Zgodovinski razvoj kart v svetu

Prve nam znane karte so bile najdene najdene na področju vzhodne evrope in Bližnjega vzhoda in datirajo od 10.000 do 20.000 let nazaj. Prve karte, ki so ohranjene, so prikazane na glini, kamnu ali kot poslikave v podzemnih jamah. Njihova vsebina je bila namenjena predvsem orientaciji na potovanjih, namakanju zemljišč, katastru, kartam rudnikov in kartam naselij,... Ena izmed najstarejših ohranjenih kart, izdelana na glineni ploščici, je bila najdena pri izkpanju gradu GA-SUR na območju današnjega Iraka. Njeno starost ocenjujejo na 4500let. Vedno starejše najdbe pa nakazujejo na možnost, da so karte uporabljali že mnogo prej.

Utemeljitelji sodobne kartografije so bili stari Grki, ki so opravili temeljna dela na področju prikazovanja Zemlje; določitev velikosti Zemlje, izmere na osnovi astronomskih opazovanj, določitev kartografskih projekcij, določitev metod kartografske generalizacije in prikaz kartografskih znakov. Prvo karto, ki je prikazovala ves takratni znani svet z vsemi morji in rekami je (po pisanju Herodota in Strabona) sestavil filozof in matematik Anaksimander (610-546 pr. Kr.) iz Mileta. Dikearhos (350-285 pr. Kr.) iz Mesine je prvi na karti uporabil linije za orientacijo. Mreža meridianov in paralel se je prvič pojavila na karti, ko jo je upodobil Eratosten (267-194 pr. Kr.). razvoj kart in kartografije so nadaljevali Hiparh (konstrukcija

² Povzeto po D. Petrovič, Topografija in kartografija

dveh novih kartografskih projekcij – stereografske in ortografske), Marin Tirski (izdelava karte sveta, na kateri je bila upodobljena pravokotna koordinatna mreža) in Klavdij Ptolemaj v 2. stoletju (Atlas sveta, katerega 26 kart je izdelanih v prosti kosinusni projekciji s stopinjsko projekcijo in začetnim meridianom). Ptolemejev atlas je predstavljal najboljši kartografski prikaz vse do 15. stoletja.

Grki so svoje karte izdelovali predvsem za potrebe znanosti, Rimljani pa za praktične potrebe, predvsem v vojaške in upravno – administrativne potrebe. Uporabljali so jih množično, prevzemali so jih od starih Grkov.

V srednjem veku je kartografijo kot znanost zelo nazadovala, saj se je pod vplivom krščanske cerkve Zemljo dojemalo kot ravno ploskev. Nastajale so t.i. »T« karte z zelo posplošenim prikazovanjem kontinentov in orientacijo proti vzhodu (Sveti deželi).

V 15. stoletju so se začele natančne izmere zemljišč, izračunali so mnoge nove kartografske projekcije, karte so razmnoževali z novimi tehnikami (bakrorez) in začeli so jih tiskati, saj so izumili tiskalni stroj. Doslej so se izdelovale karte ročno. Z razmnoževanjem in poenotenjem kart so jih približali večji množici ljudi. Renesansa je bilo obdobje razcveta in hitrega razvoja kartografije. Raziskovali so nove načine prikaza zemljišča, predvsem višinsko predstavi, kar je omogočilo izum plastnic v 19. stoletju.

V 16. stoletju je znameniti kartograf Mercator razvil novo projekcijo, ki jo je poimenoval po sebi in je bila v veliko pomoč navigatorjem, saj so lahko od slej načrtovali poti v ravnih črtah.

V 18. stoletju so k izdelavi kart pristopili bolj znanstveno in izdelava je bila bolj natančna. Okrasne podobe, ki so krasile predhodne karte, so zamenjali številni faktografski podatki in opombe, s katerimi so povečali zanesljivost kart.

v 19. stoletju so začeli uporabljati plastnice in s tem višinsko predstavo obravnavanega področja. Karte so vedno bolj uporabljali v vojaške namene in za evidentiranje lastništva (kataster). Ob tem pa je bila vedno večja potreba civilnega prebivalstva po točnih podatkih. Leta 1891 se je odvijal mednarodni geografski kongres in sodelujoče države so se odločile, da izdelale karto sveta v merilu 1: 1 000 000. Projekt je bil zaključen šele v 90-ih letih prejšnjega stoletja.

Leta 1961 je bila ustanovljena Mednarodna kartografska zveza (ICA), ki s svojimi kongresi in komisijami skrbi za razvoj kartografske znanosti in kartografskih izdelkov – kart.

(http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/topo_in_karto.pdf)

6.1.2 Zgodovinski razvoj kart v Sloveniji

Ozemlje današnje Slovenije se prvič pojavi na 5. in 6. Ptolemejevi karti.

Od 15. stoletja naprej se pojavljajo različne karte.

J. V. Valvasor velja za enega prvega slovenskih kartografov. Na podlagi lastnih meritev in potovanj je izdelal karte Kranjske in posameznih manjših področij.

V 2. polovici 18. stoletja je, tudi na osnovi lastnih meritev, izdelal karto Kranjske v merilu 1: 100 000 na več listih Ivan Florjančič de Gruenfeld.

V tem je bila na celotnem območju Avstro – Ogrske izvedena prva detajlna izmera – Jožefinska. Tej izmeri je v začetku 19. stoletja sledila Franciskejska izmera, ki je bila mnogo bolj natančna in je obsegala katastrske in topografske meritve.

Med pomembnejše slovenske kartografe prištevamo tudi Petra Kozlerja in Ivana Selana. Peter Kozler je izdelal »Zemljevid Slovenske dežele in pokrajin« z vrisano narodnostno mejo. Ivan Selan je avtor šolske karte Slovenije in mnogih drugih kart v 20. stoletju.

V zadnjih 50. letih sta Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo in Geodetski zavod RS pripeljala slovensko kartografijo ob bok svetovni kartografiji.

(http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/topo_in_karto.pdf)

6.2 Vrste in kart

Karta je abstrakta simbolizirana slika geografske resničnosti, ki prikazuje izbrane objekte ali lastnosti. Karta je rezultat ustvarjalnega dela avtorja. Karta je slika, ki jo vidi človek, torej uporabnik.

Karta, natisnjena ali narisana na papirju, je enakovredna karti, ki je prikazana na računalniškem zaslonu ali projicirana na platno. Karta ne more biti analogna ali digitalna, so pa podatki analogni ali digitalni. Na osnovi teh podatkov teh podatkov vidimo sliko: karto v analogni ali digitalni obliki. Ravno tako so postopki izdelave karte analogni in digitalni oz. klasični ali računalniški.

Karta je namenjena uporabi, kjer so bistveni prostorski odnosi.

6.2.1 Značilnosti kart

Karta je prikaz objektov, pojavov ali njihovih lastnosti na površini Zemlje ali drugih nebesnih teles. Sodi med najboljše medije za vizualno in logično komunikacijo.

Glavne značilnosti kart so:

pomanjšan prikaz v merilu (merilo je razmerje med razdaljami na karti in dejanskimi razdaljami v naravi. Od merila je odvisno, kako velik del in kako podrobno prikazujemo izbrano območje na karti),

deformiran prikaz (prehod z realne površine Zemlje na matematično pogojno ploskev nato prehod, s pomočjo projekcije, na ravno ploskev),

posplošen prikaz (poudarjanje bistveni in opuščanje nebistvenih značilnosti območja, kar dosežemo s kartografsko generalizacijo),

pojasnjen prikaz (posamezni objekti in pojavi prikazani s posebnimi kartografskimi znaki).

Vsak objekt ali pojav je na karti določen položajno le v dveh dimenzijah. Tretja dimenzija (višina) je podana s pomočjo kartografskega prikaza (plastnice, kote).

(http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/topo_in_karto.pdf)

6.2.2 Lastnosti kart

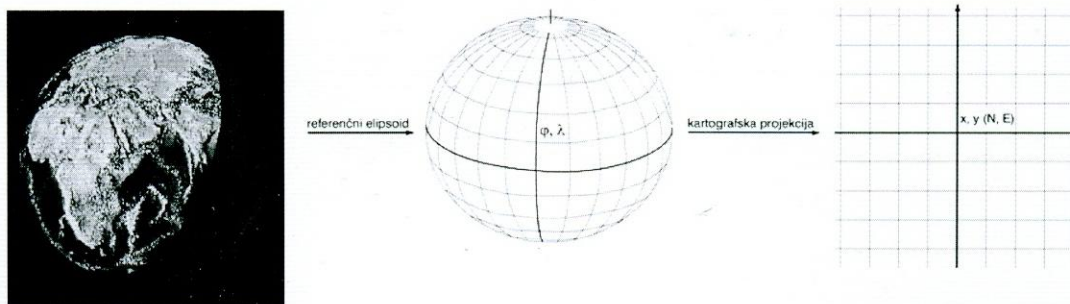
Karte delimo po:

- *območju prikaza:*
 - prikaz teritorialnih območij - karte celega sveta, karte posameznih kontinentov, karte morij, karte držav, pokrajin, občin, mest, pogorij,...
- vsebini:
 - splošne geografske karte, ki enakomerno glede na merilo prikazujejo naravne in izgrajene elemente, katerih velikost ustreza njihovemu pomenu in velikosti.
 - tematske karte, ki poudarjeno in podrobneje prikazujejo določene objekte in pojave.

- *merilu:*
 - karte velikih meril (do 1: 200 000),
 - karte srednjih meril (1:200 000 do 1: 1 000 000),
 - karte majhnih meril (od 1: 1 000 000),
- *namenu:* šolske, informativne, vojaškem namenjen športu, karte za slepe,...
- *formatih:* A4, B2, digitalni formai zapisov,...
- *nalinih uporabe:* ročne, stenske, uporabne na računalniku
- *načinu nastanka,*
- ...

Med napomembnejše lastnosti kart spadajo kartografska projekcija, kartografski znaki in kartografska generalizacija.

Kartografska projekcija je matematični predpis, s katerim prenašamo objekte in pojave z referenčnega elipsoida na ravno podlago: $(\varphi, \lambda) \rightarrow (y, x)$ oziroma $y = f(\varphi, \lambda)$ in $x = g(\varphi, \lambda)$.



Slika 6.1: Prehod iz fizične površine Zemlje preko referenčnega elipsoida na ravnino
(http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/topo_in_karto.pdf)

Projiciranje na ravnino ne gre brez deformacij. Deformirajo se dolžine, površine in koti. Namen kartografske projekcije je odpraviti eno vrsto deformacij in minimizirati drugi dve. Delimo jih na:

- konformne (brez deformacij kotov),
- ekvivalentne (brez deformacij površin),
- ekvidistančne (brez deformacij dolžin v isti smeri),

- pogojne (kompromis med deformacijami).

Projekcije delimo tudi glede na pomožno projekcijsko ploskev v:

- cilindlične (projiciranje na plašč valja) ,
- konusne (projiciranje na plašč stožca),
- azimutne (projiciranje na ravnino).

Delimo jih lahko glede na položaj pomožne projekcijske površine in sicer na:

- pokončne,
- poševne,
- prečne,
- dotikalne tangentne),
- sekantne.

Poznamo tudi polikonusne, psevdokonusne, psevdocilindrične, satelitske projekcije,....

Kartografski znaki so dogovorjeni znaki, ki ponazarjajo različne terenske objekte in pojave, so prilagojeni merilu in namenu karte ter pojasnjeni v njeni legendi. Omogočajo komunikacijo med uporabnikom in oblikovalcem karte.

Topografski znaki objekt ali pojav prikazujejo v merilu ali izven merila, medtem ko so površine (vode, gozdovi, travniki,...) prikazane v merilu. Delno v merilu so prikazani linijski objekti (ceste, železnice, reke,...), pri katerih prevladuje ena sama dimenzija, to je dolžina.

Na karti se uporabljajo tudi barve (voda-modra, vegetacija-zelena, antropogena vsebina-črna).

Relief se prikazuje s plastnicami (izohipsami), ki povezujejo točke z enako nadmorsko višino.

Razlika med dvema sosednjima izohipsama je ekvidistanca. Tako prikažemo tretjo dimenzijo – višino.

Podvodni relief je prikazan s kotami globin in izobatami.

Kartografska generalizacija je proces posploševanja in se uporablja pri načrtovanju in oblikovanju vsebine karte. Na karti v merilu ni mogoče prikazati vseh objektov in pojavov, ki

se nahajajo na obravnavanem območju in hkrati obdržati berljivost karte. Zato se iz množice podatkov smiselno izbere ustrezen obseg podatkov, katere pregledno prikažemo na karti.

(http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/topo_in_karto.pdf)

7 VEKTORSKE KARTE SLOVENIJE

7.1 GDF (Geographic Data File)

GDF je standard, ki obravnava geografske podatkovne baze za uporabo v prometni infrastrukturi, oziroma v inteligentnih transportnih sistemih. Vključuje uporabniško neodvisno določitev potencialne vsebine tovrstnih podatkovnih baz, način njene predstavitve in določitev metapodatkov. Je objektno usmerjen.

Van Essen in Hiesterman (TeleAtlas) delita GDF na tri vsebinske sklope: konceptualni model (*Conceptual Data Model*), opis vsebine (*Content Specification*) in prenosni format (*Exchange Format*). (J.Dular, 2005)

7.1.1 Konceptualni model

V konceptualnem podatkovnem modelu prostora so določeni objekti, atributi in relacije GDF. Podatkovni model GDF ima trinivojsko strukturo. Na nivoju 0 je model prostora predstavljen z osnovnimi vektorskimi topološkimi gradniki, ki so vozlišča, robovi in površine. In opredeljeno topologijo. Na nivoju 1 so definirani enostavni objekti z opisnimi atributi in relacijami. Na nivoju 2 so definirani kompleksni objekti, ki so sestavljeni iz enostavnih ali drugih kompleksnih objektov.

GDF model definira enostavne in kompleksne attribute. Slednji imajo podattribute. (J.Dular, 2005)

7.1.2 Opis vsebin

Opis vsebin GDF modela je podan v štirih vsebinskih sklopih in sicer: objektnem katalogu, atributnem katalogu, katalogu relacij in pravilih za predstavitev objektov. Objektne teme, saj povezujejo tudi objekte različnih tem. Pravila za predstavitev objektov so podana v smislu geometrije in sicer predvsem za cestno omrežje. (J. Dular, 2005)

7.1.3 Prenosni format

Obliko prenosnega formata lahko ponazorimo hierarhično. Prenosni format GDF sestoji iz zapisov. Najmanjše prostorske in vsebinske enote podatkovne strukture so **sekcije**, ki vsebujejo podatke določenega geografskega območja in enega grafa cestnega omrežja. Sekcije so organizirane v **sloje**, ti pa v **sete**. Seti so organizirani v **albumih** in tako vsebujejo podatke za celo, v GDF predstavljeno območje. Če je album preobsežen za enoto izbranega prenosnega medija, ga je potrebno razdeliti na dva sli več **zvezkov**. (J. Dular, 2005).

7.2 Fizični zapis datoteke GDF

Fizično GDF podatkovno strukturi sestavljajo **zapisi**. Zapise sestavljajo **polja**, ki so nosilci podatkov.

7.2.1 Zapisi v podatkovni strukturi GDF

Vsak album se začne z zapisom glave albuma. Sledi mu zapis glave seta. Set se konča z zapisom glave naslednjega seta, če ta obstaja. Zapisu glave seta sledijo ostali zapisi seta, tem pa zapis glave sloja. Sledi zapis glave sekcije in zapisi, ki vsebujejo prostorske sekcije. Dodatek B prikazuje priročeno razvrstitev apisov oz. podzapisov v podatkovni strukturi GDF. (J. Dular, 2005)

7.3 Primer: izsek iz GDF 3.0 (Navteq)

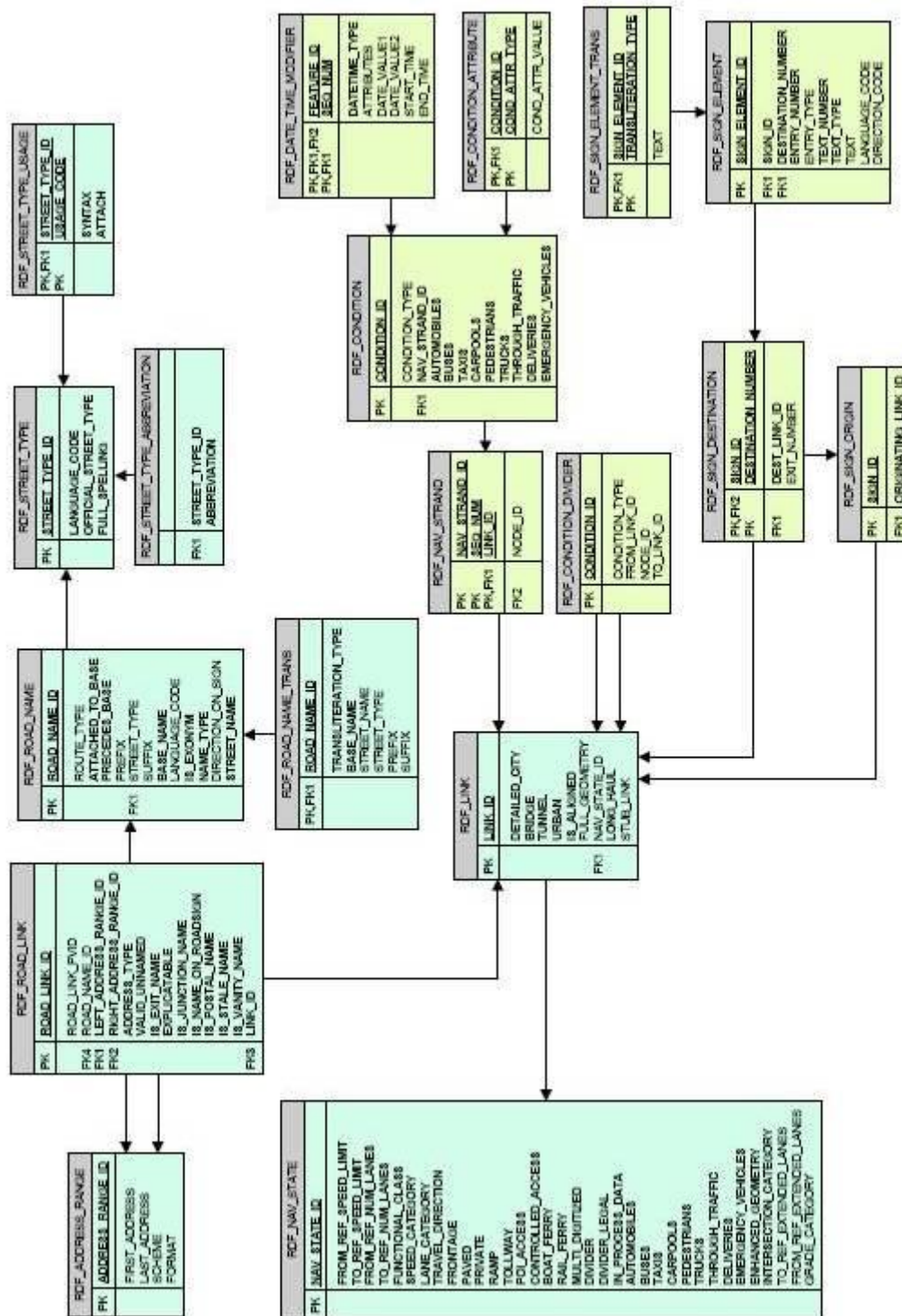


Figure 11-5: Road Attributing Model

Slika 7.1 Shema baze cestnih atributov (www.navteq.com)

7.4 Ponudniki vektorskih kart v Sloveniji

V Sloveniji je na tržišču mogoče dobiti kar nekaj vektorskih kart za področje Slovenije.

7.4.1 Geodetska uprava RS

Geodetska uprava uporablja za predstavitev cest v Sloveniji tri različne evidence.

Prva je GKB 25 (generalizirana kartografska baza), ki je bila prva in osnovna podlaga za vse nadaljnje vektorske karte, ki obstajajo v Sloveniji. Zajeta je bila z digitalizacijo cest in poti na DTK 25. Druga je Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture in tretja Pregledni sloj cest, ki je nastal iz baze cestnih podatkov (BCP). Pregledni sloj cest vsebuje kategorizirane državne in občinske ceste, gozdne ceste in nekategorizirane ceste. Podatke teh dveh evidenc vodi GURS in sta med seboj usklajeni (http://www.lgd.si/zgodovina/2005/geodan05/prezentacije/2-4_mlinar.pdf).

Viri za zajem podatkov v zbirnem katastru GJI:

- *grafika*: vir za grafične podatke so bili GPS izmera, TOPO 25, DTK 5 ter skenogrami in vektorski podatki za občinske ceste;
- *atributi*: vir za atributni del podatkov so bili BCP in podatki iz topografskih baz (TOPO 25, DTK 5).

(http://www.lgd.si/zgodovina/2005/geodan05/prezentacije/2-4_mlinar.pdf)

7.4.2 Zasebna podjetja in korporacije

Uporabniki vektorskih kart za namen navigacije in sledenja vozil najraje uporabljajo karte podjetij Monolit (Slovenija), TeleAtlas (Belgija), Navteq (ZDA), Navigo Sistem (HR) in spletne storitve Google Maps (Google zemljevidi) ter Virtual Earth (korporacija Microsoft). Vektorsko karto je mogoče dobiti tudi na Geodetski upravi Republike Slovenije.

Nadaljnja uporaba vektorskih podatkovnih baz je odvisna od programske opreme in želja uporabnika.

7.5 Vektorske karte za navigacijo in sistem sledenja vozil

7.5.1 Katera podatkovna baza omogoča navigacijo in katera sledenje vozil?

Izdelava splošne vektorske karte cestnega omrežja dandanes ni zahtevna naloga, izdelava vektorske baze podatkov, ki omogoča delovanje vseh funkcij sodobnega avtomobilskega navigacijskega sistema, pa je mnogo bolj zahtevna. Ravno tako je vektorsko podatkovno bazo potrebno prilagoditi sistemu za sledenje vozil, torej je potrebno optimizirati podatkovno bazo, tako da ustreza namenu uporabe.

Primer za navigacijo: če kupite navigacijsko napravo enega proizvajalca, morate poiskati še ustrezno vektorsko karto, ki jo bo ta naprava sprejela in vas uspešno vodila na zastavljeni poti. V kolikor kupite navigacijsko napravo drugega proizvajalca, ta ista karta praviloma ne bo delovala s to napravo. Podobno je s sistemom za sledenje vozil. Podjetja, ki se ukvarjajo z izdelavo tega sistema, si optimizirajo bazo, tako da ustreza strukturi podatkov sistema za sledenje vozil.

Slovensko podjetje Monolit je podjetje, ki je izdelalo vektorsko karto, njegova baza pa se imenuje StreetConnect. Obsega področje Slovenije. Hrvaško podjetje Navigo Sistem, d. o. o., ima skoraj identično podatkovno bazo z drugim imenom, in sicer AdriaRoute. Razlika med bazama StreetConnect in AdriaRoute je ta, da AdriaRoute poleg slovenskega obsega tudi hrvaško in del bosansko-hercegove cestne mreže. AdriaRoute vektorska podatkovna baza je popolnoma prilagojena strukturi podatkov podjetja Garmin, ki izdeluje navigacijske naprave. Gre za zaključen izdelek in programska aplikacija je popolnoma prilagojena navigaciji Garmin. Baza StreetConnect je programsko prilagojena tako, da je uporabna za navigacijske sisteme, v drugi različici pa je prilagojena sistemu za sledenje vozil. Navteq in TeleAtlas imata strukturo podatkov, ki je uporabna za navigiranje in sledenje, tako kot tudi StreetConnect. Google Maps in Virtual Earth sta že izdelana prikazovalnika kart podatkov. Google Maps uporablja Navteqove in TeleAtlasove podatke ter podatke drugih ponudnikov. Virtual Earth uporablja Navteqove podatke. Oba sta primerna samo za uporabo v sistemih za sledenje vozil, saj gre za internetne ponudnike storitev.

7.5.2 Pokritost Slovenije glede na količino podatkov

Vsi ponudniki geografsko v celoti obsegajo Slovenijo. Ko pogledamo pokritost Slovenije glede na podatke, ki so na voljo za sistem navigacije in sledenja vozil, ugotovimo, da obstaja od ponudnika do ponudnika različna količina in kakovost podatkov.

Navteq ima izpopolnjeno bazo podatkov. Preden so sami začeli izdelovati svojo bazo, so od podjetja Monolit prevzeli vektorsko karto in njeno obširno podatkovno bazo. Tudi Navteq je Slovenijo prevozil z avtomobili in dopolnjeval attribute, kot so omejitve hitrosti, kategorije cest, enosmerne ulice ipd. Navteq sodeluje s podjetjem Monolit in skupaj dopolnjujeta slovensko vektorsko karto. V podjetju Monolit začetki vektorizacije segajo 10 let nazaj in danes imajo obsežno vektorsko podatkovno bazo, ki jo nenehno ažurirajo na več načinov. Eden je ta, da dvakrat na leto z vozili prevozijo vse slovenske ceste in dodajajo, popravljajo in brišejo attribute. Drug način je pomoč strank, ki uporabljajo navigacijski sistem. Ko opazijo, da se stanje na terenu ne sklada s podatki navigacijskega sistema, javijo podjetju, da le-to odpravi neskladja, torej da popravijo podatke. Podjetje sodeluje s ponudnikom podatkovne baze Navteq. Kljub dobremu sodelovanju ima baza Navteq manjšo količino podatkov o slovenskih cestah kot baza StreetConnect. Podatkovna baza StreetConnect je vektorska prostorska baza, ki vsebuje več podatkovnih slojev. Baza omogoča uporabo v več nivojih funkcionalnosti.

Baza StreetConnect Standard vključuje naslednje podatke:

- *sloj detajlne cestne mreže Slovenije* (avtoceste, regionalne ceste, lokalne ceste, gozdne ceste, pešpoti),
- *sloj rabe prostora* (zelene površine, gozdne površine, pozidane površine, parki in pokopališča, športna igrišča in kopališča),
- *sloj železnic*,
- *sloj vod* (reke, večja jezera, morje),
- *sloj interesnih točk (POI – Point of interest)* (bencinski servisi, cerkve, hoteli, policijske postaje, pošte, parkirišča, mejni prehodi, muzeji, gradovi),
- *sloj vrhov*,
- *sloj državne meje*,

- *sloj objektov/zgradb,*
- *sloj mest in krajev Slovenije.*

Baza StreetConnect Standard omogoča izdelavo kakovostnih vektorskih kart, primernih za uporabo v različnih aplikacijah, med drugim tudi za navigacijo in sledenje.

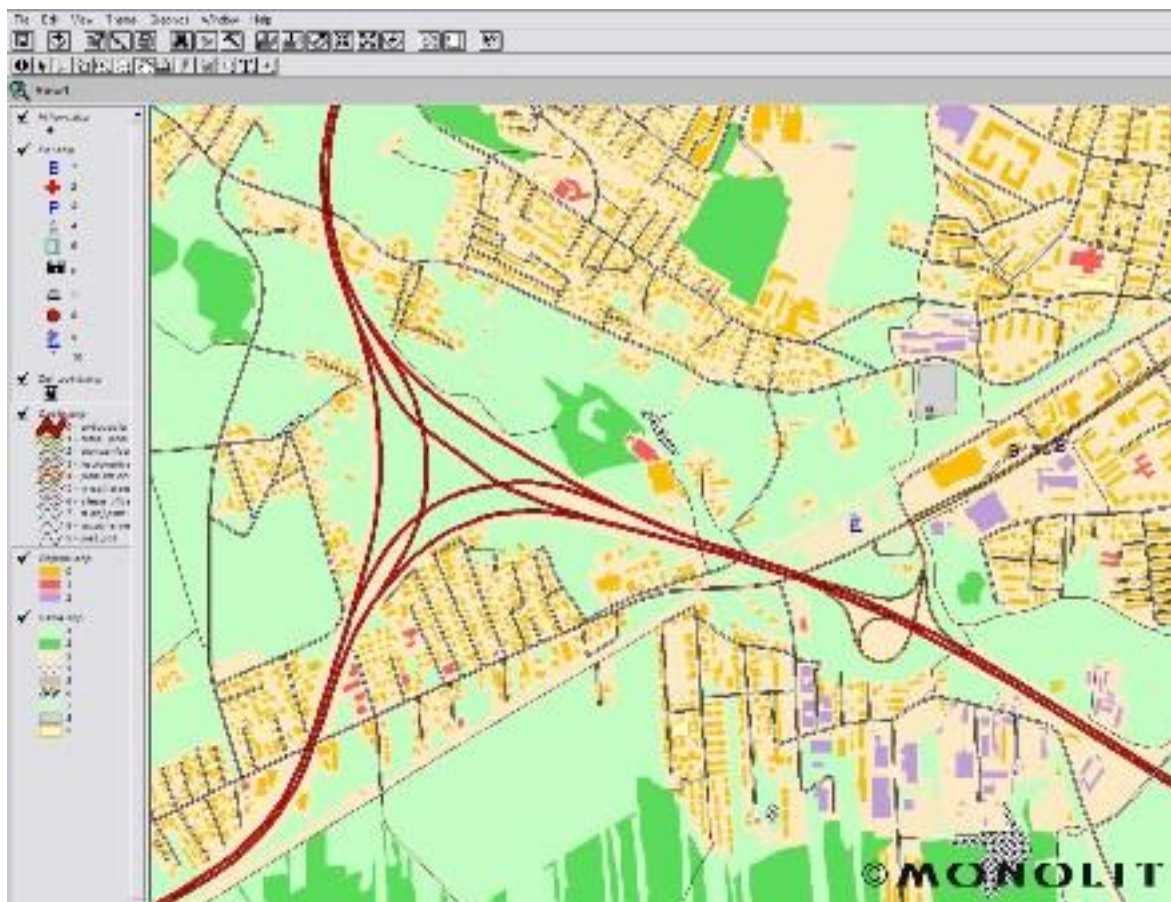
Baza StreetConnect Premium vključuje vse podatke iz baze StreetConnect Standard z dodanim podatkovnim slojem o *omejitvah na cesti* (obvozne smeri, enosmerne ulice ...), ki omogočajo izvedbo lokacijskih storitev, kot so:

- izračunavanje najkrajše poti od točke A do točke B po:
 - najkrajši poti,
 - najhitrejši poti,
- prikaz izbrane poti na karti (izris poti),
- navigacija.

StreetConnect vsebuje 105 000 km slovenskih cest in več kot 26 000 vpisov za zanimive točke (POI).

Kakovost podatkov zadošča merilu 1 : 5 000 (to je 2 m–4,5 m).

Podatkovna baza **AdriaRoute** je identična bazi StreetConnect za področje Slovenije.



Slika 7.2: Grafični prikaz baze StreetConnect (Monolit, d. o. o)

Vektorska prostorska baza TeleAtlas zaenkrat vsebuje še manjšo količino podatkov in pokriva le 43 odstotkov slovenskih cest. TeleAtlas pokriva 20 glavnih mest in povezovalne ceste. Kmalu pa ne bo več tako. TeleAtlas bo v kratkem obsežno dopolnil svojo podatkovno bazo za celotno področje Slovenije. TeleAtlas je osnovo pridobil od Geodetskega inštituta, nato so prevozili slovenske ceste in podatke dopolnjevali. Geodetski inštitut in TeleAtlas tudi poslovno sodelujeta in skupaj dopolnjujeta vektorsko karto Slovenije.

Microsoft Virtual Earth za prikazovanje kart Slovenije uporablja rastrske karte, s tem da so nadgrajene z vektorskimi podatki Navteq.

Google Maps podatke za Slovenijo črpa od TeleAtlasa in Navteqa ter od drugih ponudnikov (http://www.google.com/intl/sl_ALL/help/terms_maps.html).

7.6 Dostop do podatkov

TeleAtlas in Navteq sta bazi, do katerih lahko dostopamo lokalno ali preko interneta. Pri prevzetju podatkov je potrebno skleniti pogodbo in plačati vektorske karte, poleg tega je potrebno še plačevanje letnega vzdrževanja.

Google Maps in Virtual Earth sta spletni mesti, kjer lahko karte gledamo in uporabljamo brezplačno.

Monolit StreetConnect je baza podatkov, do katere dostopamo samo lokalno, torej je potrebno storitev kupiti, da pridobimo vektorsko karto.

Spletna stran www.zemljevid.najdi.si uporablja podatkovno bazo StreetConnect. Spletna stran je uporabna samo za poizvedovanje.

7.7 Zahtevnost uporabe

Zahtevnost uporabe je mišljena v smislu, kateri uporabnik lahko podatke/karte uporablja in koliko znanja je potrebno imeti, da se dostopa do teh podatkov.

Da lahko podjetja, ki se ukvarjajo s navigacijskimi sistemi, uporabljajo vektorsko karto Navteqa ali TeleAtlasa, potrebujejo ustrezno programsko opremo, ki jo običajno sami napišejo v ustreznem programskem jeziku.

Podjetje Monolit meni, da je njihova baza zahtevna za uporabnika, zato ob nakupu storitve nudijo brezplačno pomoč pri namestitvi in uporabi podatkovne baze StreetConnect.

7.8 Kakovost kart

7.8.1 Splošno³

Kakovost se na splošno uporablja za označevanje prvenstva določenega dosežka ali za potrditev odličnosti izdelka (R. Šumrada, 2005). Ocena kakovosti je opravljena na podlagi ISO standardov, in sicer ISO 19113:2002 GI – kakovostna načela (Quality principles) in ISO 19114:2003 GI – postopki za ocenjevanje kakovosti (Quality evaluation procedures).

³ Povzeto po D. Petrovič: Ocena kakovosti državne topografske karte v merilu 1 : 50 000 (Geodetski vestnik 50/2006-2).

ISO 19113:2002 GI – kakovostna načela; podaja osnovna načela standardnega modela kakovosti za prostorske podatke.

ISO 19114:2003 GI – postopki za ocenjevanje kakovosti; podaja načela in metodologijo za standardne elemente kakovostnega modela.

Za uporabnike je pomembno, da poznajo kakovost karte, saj lahko le tako ocenijo kakovost karte za določeno uporabo pred njeno dejansko uporabo. Kakovost karte lahko opredelimo kot:

- stopnjo dovršenosti,
- ustreznost uporabniškim zahtevam ter
- primernost za načrtovano uporabo.

(D. Petrovič, 2006)

Kakovost karte je odvisna od objektivnih in subjektivnih razlogov.

Na kakovost vplivajo (D. Petrovič, 2006):

- kakovost geodetke osnove in matematičnih elementov,
- kakovost vsebinske popolnosti in geografske resničnosti,
- ažurnost vsebine,
- preglednost in razločnost prikaza,
- geometrijska natančnost in
- grafična kakovost.

Kakovost podatkov opredeljujejo elementi kakovosti, ki sestavljajo kakovostni model. Poleg opredelitve kakovostnega modela je pomembna še izbira metodologije za določitev kakovosti geografskih podatkov. Pri izbiri so pomembne tri faze:

- razvoj in opredelitev ustreznega standardnega niza kriterijev oziroma pokazateljev za opredelitev kakovosti geografskih podatkov (standardni podatkovni model);
- razvoj in opredelitev ustreznih metod za testiranja in opredelitev geografskih podatkov ter povezav med njimi (metodologija);
- opredelitev primernih metod za predstavitev in upodobitev kakovosti geografskih podatkov (standardno poročilo) ter grafična ponazoritev elementov kakovosti.

(D. Petrovič, 2006)

7.8.2 Ocena kakovosti

7.8.2.1 Kakovostni model⁴

Kakovostni model vsebuje opredelitev kriterijev, po katerih ocenjujemo kakovost določenega izdelka. V Sloveniji je uveljavljen standard SIST, ki je privzet na podlagi standarda ISO 19113:2002. Elementi kakovosti, ki tvorijo ISO – standardni kakovostni model, se delijo na tri pregledne (*kvalitativne*) elemente kakovosti, ki so:

- namen,
- uporaba in
- poreklo

ter na pet osnovnih (*kvantitativnih*) elementov kakovosti:

- a) položajna natančnost,
- b) tematska natančnost,
- c) časovna natančnost,
- d) popolnost podatkov,
- e) logična usklajenost.

(D. Petrovič, 2006)

7.8.2.2 Določitev vzorca

V diplomski nalogi reprezentativna vzorca predstavljata dva izbrana predela Slovenije. Prvi je manjši kraj Cerčno, drugi pa je izsek mesta Ljubljane. Vzorec je bil izbran na podlagi gostote prometnic in s tem velikosti mesta.

Vektorske karte ponudnikov Monolit, TeleAtlas, Navteq, Google Maps in Live Search sem primerjala z digitalnim ortofoto posnetkom (v nadaljevanju DOF). DOF je primeren za oceno vseh parametrov kakovosti zato, ker je stanje na posnetkih negeneralizirano. DOF je bil posnet leta 2006, zato je stanje ažurno in ocenjena položajna natančnost je +/-1,0 m (<http://prostor.gov.si/cepp/izpisvse.jsp?ID=5861>).

⁴ Povzeto po D. Petrovič: Ocena kakovosti državne topografske karte v merilu 1 : 50 000 (Geodetski vestnik 50/2006-2).

Vektorske karte AdriaRoute nisem uporabila, ker je za področje Slovenije identična vektorski karti StreetConnect. To pomeni, da bodo ugotovitve za vektorsko karto StreetConnect enake za vektorsko karto AdriaRoute.

Izseki DOF-a so prikazani v prilogi A.

7.8.2.3 Analiza kakovosti

a) Položajna natančnost

Položajna natančnost določitve lege v navigacijskih sistemih za vodenje in sledenje vozil je odvisna od GPS naprave. Natančnost karte mora biti temu primerna, vendar ne slabša. Diplomsko delo obravnava navigacijske sisteme cenejšega razreda, zato je zahtevana položajna natančnost nižja. Le-ta znaša nekaj metrov.

b) Tematska natančnost

Ocene bodo podane v besedni obliki, in sicer: zelo dobra (preko 95 odstotkov pravih atributov), dobra (preko 80 odstotkov pravih atributov), slaba (50 odstotkov do 80 odstotkov pravih atributov) in zelo slaba (manj kot 50 odstotkov pravih atributov).

Ljubljana

Vektorska karta podjetja Monolit, StreetConnect, ima slabo tematsko natančnost. Cestna mreža je kategorizirana do te mere, da na karti lahko vidimo, katere ceste so prevozne z avtomobili in katere so samo pešpoti. Slednje so prikazane z manjšo širino ceste. Mestna obvoznica je prikazana tako, da je vsako vozišče označeno posebej, ravno tako je označena Celovška cesta.

Vektorska karta TeleAtlas ima slabo tematsko natančnost. Vse ceste so prikazane v enem razredu, razen sprehajalne poti znotraj blokovskih naselij, ki so prikazane s tanjšo črto. Obvoznica in Celovška cesta imata vsako stran cestišča označeno ločeno in tako lahko ocenimo, da sta višje kategorije.

Navteq ima dobro tematsko natančnost. Kategorija cestne mreže je prikazana s širino cestišča. Najširša je obvoznica, sledi ji Celovška cesta in nato vse ostale ulice.

Google Maps ima zelo dobro tematsko natančnost. Ceste so zelo nazorno kategorizirane. Širina ceste je največja pri avtocesti in hitri cesti. Glavne povezovalne dvopasovne mestne ceste so prikazane z nekoliko ožjo črto. Stranske ulice so še nekoliko ožje. Mreža stranskih ulic je zelo nazorna. Tiste, ki so prepovedane za motorni promet, so nekoliko ožje od tistih, kjer je vožnja z motornimi vozili dovoljena. S prekinjeno črto so označene širše peš steze, ki so neasfaltirane.

Za Live Search ocenjujem, da ima dobro tematsko natančnost. Cestna mreža je razdeljena v razrede, vendar ne podrobno. Obvoznica in Celovška cesta sta v enem razredu, vse ostale ulice so v drugem razredu.

Cerkno

StreetConnect ima nekaj napak v pri tematski natančnosti. Cesta OF, ki je v večini makadamska, od križišča s Platiševo ulico pa do razpotja sploh ni prevozna za motorna vozila. Jerebova ulica je prepovedana za promet. Vse te ulice so strnjene v isti razred kot glavne ulice. Vse ceste so strnjene v eno kategorijo, razen pešpoti. Podatkovno bazo StreetConnect ocenjujem kot slabo.

TeleAtlas ocenjujem slabo zaradi tematske natančnosti. Pot na Zavrte se nadaljuje proti Glavnemu trgu in se ji tukaj tudi priključi. Vse ceste so kategorizirane enako.

Navteq ima dobro tematsko natančnost. Cestna mreža je kategorizirana s širino prikazanega cestišča. Najširše so glavne ceste, malenkost ožje so stranske ulice, najožje so pešpoti. Razlika med makadamsko asfaltirano cesto ni opazna.

Google Maps ima slabo tematsko natančnost. Vse ceste so prikazane v eni kategoriji. Tudi orientacija je slaba.

Vektorska karta Live Search ima dobro tematsko natančnost, čeprav je podatkov zelo malo. Očitna je razlika med glavno cesto mimo naselja (t. i. obvoznica) in ostalimi glavnimi cestami skozi naselje.

c) Časovna natančnost

DOF, katerega sem uporabila, je bil posnet leta 2006.

Ljubljana

Na vektorskih kartah TeleAtlas in Google Earth je časovna natančnost zelo dobra tako za območje Cerkna kakor tudi za področje dela Ljubljane. Kljub temu, da odsek ljubljanske obvoznice od šentviškega tunela do priključka na že obstoječo obvoznico še ni končan, so podatki o tem odseku že dodani v njuno vektorsko bazo.

Za ostale ponudnike vektorskih kart sem na izbranem področju za Ljubljano ugotovila, da se na enem delu vektorske karte in DOF-a časovno ne skladajo. Ni podatkov za področje ljubljanske obvoznice, kjer se bo priključila cesta iz šentviškega predora. Manjka tudi celoten odsek od predora do priključka na obvoznico. Čeprav niso časovno popolnoma usklajene z DOF-om, jih ocenjujem kot dobre. Torej je njihova časovna natančnost od 80 odstotna do 95 odstotna.

Cerkno

Časovna natančnost podatkovnih baz TeleAtlas in Live Search je zelo dobra. Novi bencinski servis je vrisan na pravem mestu. To je edina sprememba, ki se je v zadnjih treh letih zgodila na tem delu cestnega omrežja, in je očitna zaradi časovne razlike.

StreetConnect ima vrisan bencinski servis, vendar še na starem mestu. Časovno natančnost ocenjujem kot dobro.

Tudi Navteq in Google Maps imata dobro časovno natančnost – iz istega razloga kot StreetConnect.

*d) Popolnost podatkov*Ljubljana

Vektorska baza StreetConnect ima to pomanjkljivost, da nima podatkov za odsek hitre ceste od šentviškega predora do ljubljanske obvoznice s priključkom vred. Vse ostale hitre ceste, avtoceste in ceste skozi naselja so podane. Vrisani so vsi bencinski servisi, železniška proga in večja parkirišča. Popolnost podatkov ocenjujem kot dobro.

TeleAtlas in Google Earth imata popolnost podatkov zelo dobro. Imata podanih večino cest, ki so vidne na DOF-u, tudi del ljubljanske obvoznice v izgradnji, kolikor je pač že zgrajene.

Vrisane so poti, ki vodijo med blokovskimi naselji, četudi niso prevozne z avtomobilom. Manjka pa izvoz s Celovške ceste do poslovnih prostorov za stavbo McDonald'sa. Bencinski servisi so vrisani pravilno. Železniška proga je vrisana.

Navteqovo vektorsko podatkovno bazo in bazo Live Search ocenjujem kot dobro. Manjka del cestne mreže v predelu industrijske cone Stegne.

Cerkno

Popolnost podatkov za TeleAtlas ocenjujem kot zelo dobro.

Na karti StreetConnect manjka več cest, ki služijo kot dovoz do stanovanjskih stavb. Manjka ulica Sedejev trg. Kjer piše Sedejev trg, je ulica z drugim imenom. Bencinski servis je vrisan, vendar na karti StreetConnect na nepravem (starem) mestu. Popolnost podatkov ocenjujem kot dobro.

Navteq ima popolnost podatkov dobro. Manjkajo nekatere stranske ulice in bencinski servis.

Google Maps in Live Search imata zelo slabo popolnost podatkov. Vrisane so samo glavne ceste, stranskih sploh ni.

e) Logična usklajenost

Ljubljana

StreetConnect ima slabo logično usklajenost. Največja težava je pri izvennivojskih križanjih. Celoten sklop cest z nadvozi je prikazan kot enonivojsko cestišče. Uporabnik predhodno ne more ugotoviti, ali se bo peljal pod nadvozom ali bo prečkal ogromno križišče. Enonivojska križišča so prikazana dobro. Interesne točke (POI) so nazorno prikazane s pogojnim znakom.

TeleAtlas ocenjujem kot zelo dobro logično usklajen. Izvennivojska križanja so nazorno in dobro prikazana. Na glavnih cestah in obvoznici so uvozi in izvozi opremljeni s smerjo vožnje. Ima prikazane nekatere interesne točke, vendar samo besedno brez pogojnega znaka, kar je za uporabnika iz drugih držav nerazumljivo.

Navteq ocenjujem za slabo logično usklajen. Izvennivojska križanja so prikazana kot enonivojska križišča. Smer vožnje je nakazana samo na cesti, ki gre vzporedno z obvoznico. Karta je brez interesnih točk.

Google Maps ima izvennivojska križanja cestišč dobro prikazana in primerno obarvana. Ima tudi nakazano smer vožnje, vendar ne povsod. Smer vožnje je nakazana v enosmernih ulicah in na glavnih povezovalnih cestah ob obvoznici. Od vseh ponudnikov vektorskih kart/baz ima

Google Maps največ prikazanih smeri vožnje. Nima prikazanih interesnih točk (POI), ki so za uporabnika navigacije pomembne (bencinske črpalke, počivališča, parkirišča itd). Logična usklajenost je zelo dobra.

Live Search ima slabo logično usklajenost. Izvozi in dovozi na hitro cesto so prikazani kot celota. To razumemo kot polkrožno obračanje. Izvennivojska križanja so nakazana, vendar slabo. Tudi tukaj manjkajo interesne točke (POI) in prikaz smeri vožnje.

Cerkno

StreetConnect ima nekatere pomanjkljivosti v logični usklajenosti. Ulica Sedejev trg poteka vzporedno, kakor je prikazano, torej na drugi strani stavb in tudi potek ulice je drugačen. Ulica Pot na Brce ni tam, kjer je napisana, tam je Jerebova ulica. Križišča so dobro prikazana, saj so vsa enonivojska. Logično usklajenost ocenjujem kot dobro.

TeleAtlas ima zelo dobro logično usklajenost. Odnosi med objekti so pravilno prikazani.

Navteq ima prav tako pravilno prikazane odnose med objekti, zato ima zelo dobro logično usklajenost.

Google Maps in Live Search imata zelo dobro logično usklajenost glede na prikazane podatke.

f) Podrobnost vsebine

Podatkovna baza StreetConnect ima tako za področje Ljubljane kakor tudi za področje Cerknega vsebino karte zelo podrobno prikazano – najbolj izmed vseh ponudnikov vektorskih baz za Slovenijo. Poleg cestne mreže so prikazani objekti, vodotoki, raba prostora, interesne točke (POI) v obliki pogojnega znaka in imena ulic.

TeleAtlas ima v bazi poleg cestnega omrežja prikazane še nekatere interesne točke in imena ulic.

Ostali ponudniki nimajo tako podrobne vsebine in so se omejili samo na cestno omrežje in imena ulic.

g) Komunikacijska učinkovitost

Pri kriteriju komunikacijske učinkovitosti je pomembno oblikovanje znakov za prikaz objektov na karti. Ugotovitve veljajo tako za področje Ljubljane kakor tudi za Cerkno.

Podatkovna baza StreetConnect ima več podatkovnih slojev. Glavne ceste so obarvane z rumeno barvo, ostale z belo. Interesne točke (POI) so prikazane s pogojnimi znaki, zelenice so obarvane z zeleno barvo itd. Karta omogoča zelo dobro orientacijo v prostoru, zato je komunikacijska učinkovitost zelo dobra.

TeleAtlasova karta ima z oranžno barvo označene ceste višje kategorije in te so oštevilčene, vse ostale so bele barve. Pešpoti v blokovskem naselju so prikazane s sivo barvo. Interesne točke (POI) so zapisane v besedni obliki, kar ni dovolj nazorno.

Navteq ima vse ceste v beli barvi, s širino cestišča izstopajo ceste višje kategorije in so opremljene s številko ceste. Interesne točke (POI) niso podane.

Google Maps in Live Search sta kategoriziranje cest poleg širine označila še z barvo.

Obvoznica oranžno, glavna vpadnica v mesto rumeno, vse ostale ceste z belo barvo.

Obvoznica in Celovška cesta sta tudi oštevilčeni.

Podatkovne baze TeleAtlas, Navteq, Google Maps in Live Search imajo dobro komunikacijsko učinkovitost, saj so podatkovne baze narejene tako, da ustrezajo namenu uporabe.

7.9 Parametri za načrtovanje poti

To so parametri, ki povedo, ali so podatki pripravljani tako, da omogočajo izdelavo želene poti.

7.10 Podatki o stanju na cestah

Ti podatki so za ponudnike kart drugotnega pomena, za uporabnika pa so lahko ključnega pomena, predvsem za uporabnike sistema za sledenje vozil. Podjetje Monolit dodaja v svojo bazo tiste podatke o stanju na cestah, ki časovno trajajo dlje (npr. daljša zapora ceste).

7.11 Katero podjetje je ponudnik podatkov in katero ponudnik storitev

Navteq, TeleAtlas in StreetConnect so ponudniki baz podatkov tako za sledenje vozil kot tudi za navigacijo. Tem podatkom je potrebno dodati še orodje za prikazovanje in delo s kartami.

Virtual Earth in Google Maps sta že izdelana uporabniška vmesnika in sta ponudnika storitve, vendar samo za sistem sledenja vozil.

7.12 Dostopnost na trgu

Dostop je mogoč do vseh opisanih ponudnikov. Razlika se pokaže pri Navtequ in TeleAtlasu, ker sta ta dva ponudnika podatkovnih baz občutno dražja in zahtevnejša od ostalih.

7.13 Razmerje strošek/kakovost

Pri oceni sem upoštevala pokritost Slovenije s podatki in vložek, ki ga mora vložiti podjetje, preden lahko začne s trženjem storitve sledenja vozil in uporabo navigacije. To razmerje je opisano v spodnji tabeli in se nanaša tudi na dostopnost na trgu.

Preglednica 4: Primerjalna preglednica ponudnikov vektorskih kart

	TeleAtlas (www.teleatlas.com)	Narteq (www.narteq.com)	Google.Maps (maps.google.com)	VirtualEarth (maps.live.com)	Mono lit (www.monolith.si)	StreetConnect (www.streetconnect.si)	Adria (www.navigo-sistem.hr)	Route
Sledenje								
Omogoča sledenje	D.A	D.A	D.A	D.A	D.A	D.A	NE	
Vsebuje Slovenijo	D.A	D.A	D.A	D.A	D.A	D.A	-	
Pokritost Slovenije	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-	
Pokritost (ocerjeno glede na podatke)	43% (dobra)	86% (zelo dobra)	Dobra	dobra	zelo dobra	zelo dobra	-	
Dostop do podatkov	brez podatkov (lahko ali preko interneta)	brez podatkov (lahko ali preko interneta)	preko interneta	preko interneta	brez podatkov (lahko)	brez podatkov (lahko)	-	
Zakletnost uporabe	visoka	visoka	nizka	nizka	srednja	srednja	-	
Natančnost kart	visoka	visoka	nizka	nizka	visoka	visoka	-	
Parametri za načrtovanje poti	da	da	ne	da	da	da	-	
Podatki o stanju na cesti	ne	ne	ne	ne	ne	ne	-	
Poručak podatkov/Poručak storitev	poručak podatkov	poručak podatkov	poručak storitev	poručak storitev	poručak podatkov/storitev	poručak podatkov/storitev	-	
Dostopnost na tgu	teja dostopnost (visok začetni stroški, pogodba odnosa od št. objektov na karti)	teja dostopnost (visok začetni stroški, pogodba odnosa od št. objektov na karti)	enostava dostopnost (brezplačno na internetu)	enostava dostopnost (brezplačno na internetu)	srednja dostopnost (ugodno, po pogodbi)	srednja dostopnost (ugodno, po pogodbi)	-	
razmerje stroškov/kilometra	visok/dobra	visok/zelo dobra	nizek/dobra	nizek/dobra	visok/zelo dobra	visok/zelo dobra	-	
Navigacija								
Omogoča navigacijo	D.A	D.A	NE	NE	D.A	D.A	D.A	
Vsebuje Slovenijo	D.A	D.A	-	-	D.A	D.A	D.A	
Pokritost	100%(dobra)	100%(zelo dobra)	-	-	zelo dobra	zelo dobra	zelo dobra	
Pokritost (ocerjeno glede na podatke)	43%	86%	-	-	-	-	-	
Poručak podatkov/Poručak storitev	poručak podatkov	poručak podatkov	-	-	poručak podatkov/storitev	poručak podatkov/storitev	poručak podatkov/storitev	
Glasovno vodenje	NE	NE	-	-	D.A	D.A	D.A	
Dostopnost na tgu	teja dostopnost (visok začetni stroški, pogodba + letno vzdrževanje)	teja dostopnost (visok začetni stroški, pogodba + letno vzdrževanje)	-	-	srednje lahka dostopnost (pogodba + vzdrževanje)	srednje lahka dostopnost (pogodba + vzdrževanje)	lahka dostopnost	
razmerje stroškov/kilometra	visok/dobra	visok/zelo dobra	-	-	visok/zelo dobra	visok/zelo dobra	visok/zelo dobra	

8 ZAKLJUČEK

Navigacijski sistem in sistem za sledenje vozil uporabljata vektorsko podatkovno bazo. Na tržišču je veliko število ponudnikov teh podatkov in storitev. Načeloma je podatkovna baza v paketu z navigacijskim sistemom oz. sistemom za sledenje vozil in je del produkta.

V Sloveniji so največji ponudniki vektorskih podatkov slovensko podjetje Monolit, od tujih pa Navteq v sodelovanju z Monolitom, TeleAtlas v sodelovanju z Geodetskim inštitutom in AdriaRoute, ki je identična bazi StreetConnect podjetja Monolit. Obstajajo tudi vektorske karte na spletu, kot sta Google Maps in Live Search. Vse zgoraj našteje podatkovne baze Slovenijo geografsko pokrivajo v celoti, podatkovno pa žal ni tako. Baza StreetConnect je zaenkrat edina, ki ima s tega vidika Slovenijo pokrito skoraj v celoti. Kmalu se ji bo pridružila tudi baza TeleAtlasa. Navteq ima manjšo pokritost s podatki, spletni pregledovalnik pa še veliko slabšo.

Dostopnost na trgu je različna. Najlažji je spletni dostop, saj so podatki brezplačni. Težje je pridobiti podatke StreetConnecta, Navteqa in TeleAtlasa. Za pridobitev teh podatkov je potrebno skleniti pogodbo in tako letno kakor tudi mesečno plačevati stroške vzdrževanja podatkovne baze. Strošek je odvisen tudi od števila podatkov, torej ni nujno zakupiti vseh slojev, vseh držav ...

Za povprečnega uporabnika navigacije je najbolj uporaben AdriaRoute (Garmin), saj je cena dostopna in podatki so dovolj dobri. Področje, ki ga obsega: Slovenija, Hrvaška in delno Bosna in Hercegovina. Za sistem sledenja vozil je najmanj zahteven Google Maps in je brezplačen. Če se omejim na področje Slovenije, je za navigacijo in sistem sledenja vozil najboljši produkt podjetja Monolit, saj imajo obsežno podatkovno bazo StreetConnect. Za širše območje Evrope, v katero mora biti zajeta Slovenija, je najpopolnejša baza Navteq, sledi ji TeleAtlas.

Najnovejša na tržišču je 3R navigacija. Prikaz bo še bolj približan realnosti. Zaenkrat je 3R navigacija narejena samo za nekaj svetovnih in evropskih mest, med njimi žal ni slovenskih. TeleAtlas je dal na trg 3R navigacijo, za katero je izdelal trirazsežne karte. Grafično podobo je razvilo nemško podjetje GTA Geoinformatik GmbH. Razvijalci 3R kart mesta lahko dodajajo različne podatke o stavbah, kot so barva fasade in streh, barva blokov ipd. To lahko dosežejo s tehnologijo, ki jo je razvilo že prej omenjeno nemško podjetje. Taka vrsta

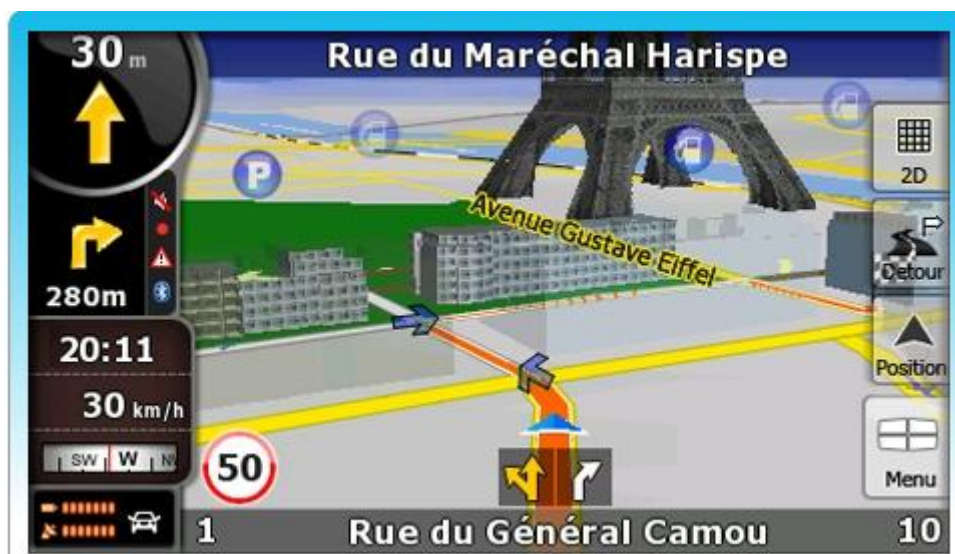
tehnologije deluje z majhno količino podatkov glede na to, da se uporablja 3R grafika (<http://news.navx.com/navx/2007/09/3d-navigation.html>).



Slika 8.1: Primer 3R navigacije – TeleAtlas

(<http://news.navx.com/navx/2007/09/3d-navigation.html>)

Trirazsežna karta je še bolj prijazna uporabnikom kot dvorazsežna, saj je npr. prikaz križišč v mestu prikazan bolj realno, stavbe so prozorne, da uporabnik vnaprej vidi zastavljeno pot, lažja je prepoznavnost in lociranje zanimivih točk, saj so znaki za POI nazornejši, 3R prikaz lokalnih znamenitosti, kot je npr. Eifflov stolp, ipd. Trirazsežna navigacija omogoča preglednejši pogled v križišča in je zato prijaznejša do uporabnika. Negativna plat 3R navigacije je vizualna preobremenjenost. Navigacijska karta mora biti hitro berljiva, saj voznik le za trenutek odmakne pogled s cestišča in nima časa za podrobnejši ogled.



Slika 8.2: Primer 3R navigacije – iGO podjetja Nav N Go Kft.

(http://navngo.com/pages/global/eng/igo_8_description)

VIRI

Dular, J. 2005. Izdelava objektnega kataloga podatkovne baze z acestno navigacijo vozil v standardnem formatu ISO-GDF. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 79 str.

Špilak, M. 2007. Vzpostavitev vektorskih kart za območje Slovenije v skladu s specifikacijami VMAP. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, 100 str.

Šolič, M. 2007. Sledenje vozil s pomočjo sistemov GPS in GPRS. Diplomsko delo
Zorec, G. Šušteršič A. ITS – Inteligentni transportni sistemi. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko: 42 str.

Žvanut, B. 2001. Vpeljava sistema za sledenje vozil v podjetje Interevropa. Seminarjska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko: 24 str.

Šumrada, R. 2005. Strukture podatkov in prostorske analize, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, oddelek za geodezijo: 284 str.

Pavlovčič, P., Stopar, B. 2001. GPS v geodetski praksi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, oddelek za geodezijo: 115 str.

Petrovič D., 2006. Ocena kakovosti državne topografske karte v merilu 1 : 50 000. Geodetski vestnik 50/2006 - 2, 187: 200.

Spletni viri

www.sl.wikipedia.org (04.12.2007)
www.en.wikipedia.org (04.07.2007)
www.roseindia.net (16.07.2007)
www.sl.wikipedia.org (04.07.2007)
www.gu-signal.si/ (6.12.2007)
www.mobitel.si (4.12.2007)
www.simobil.si (4.12.2007)
www.debitel.si (4.12.2007)
www.gpsinformation.net (16.07.2007)
www.sledenje.com (29.09.2007)
www.cvs-mobile.com (29.09.2007)
www.vselej.si (03.03.2008)
www.gu-signal.si (15.01..2008)
www.monolit.si (18.03.2008)
www.teleatlas.com (03.05.2008)
www.navteq.com (15.01.2008)
maps.google.com (15.01.2008)
maps.live.com (15.01.2008)
www.navigo-sistem.hr (15.01. 2008)
www.lgd.si (30.03.2008)
www.navngo.com (03.05.2008)
www.news.navx.com (03.05.2008)
www.rkg.gov.si/GERK/viewer.jsp (22.05.2008)
www.gu.gov.si/ (27.05.2008)

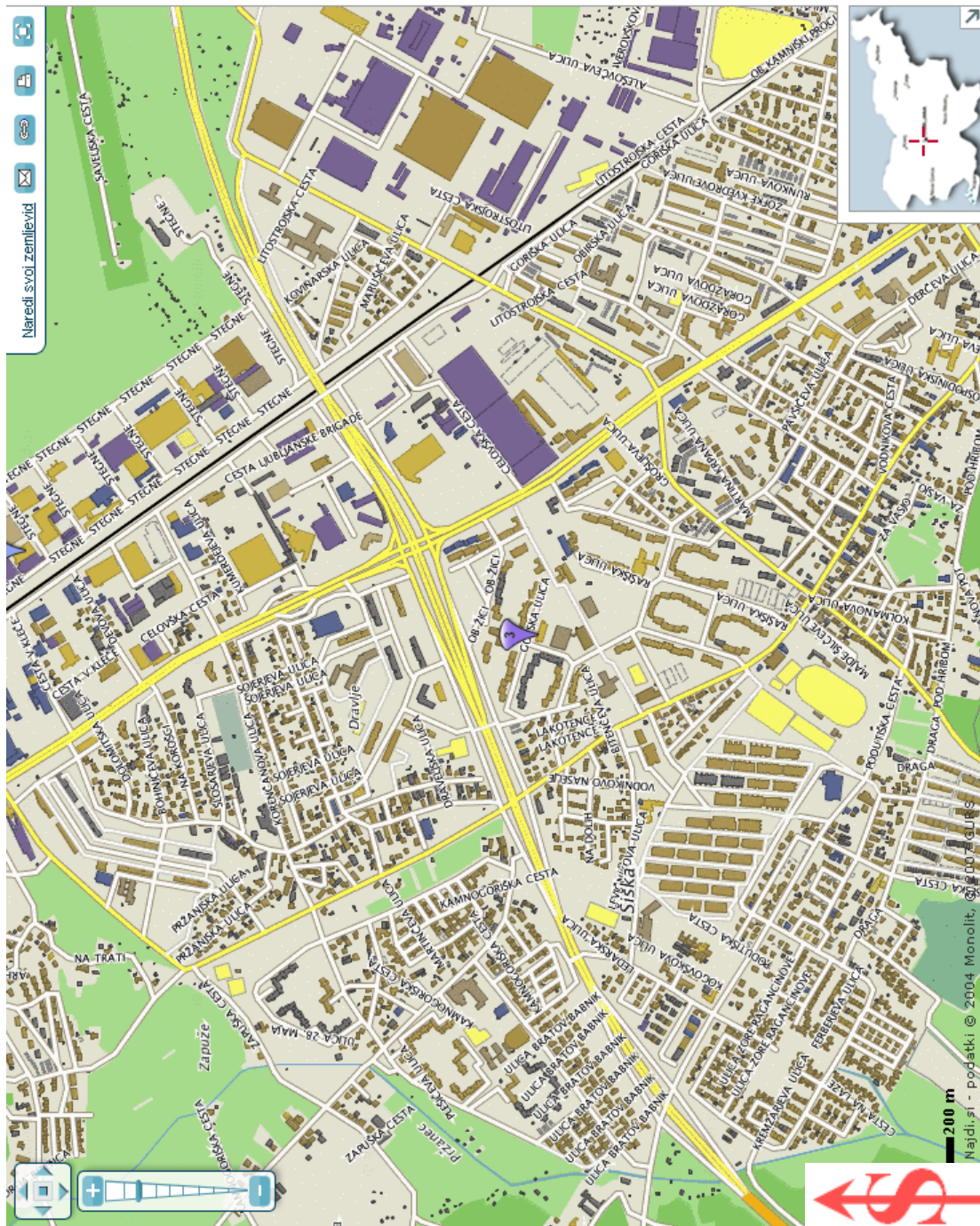
PRILOGE

PRILOGA A DOF in izseki vektorskih kart

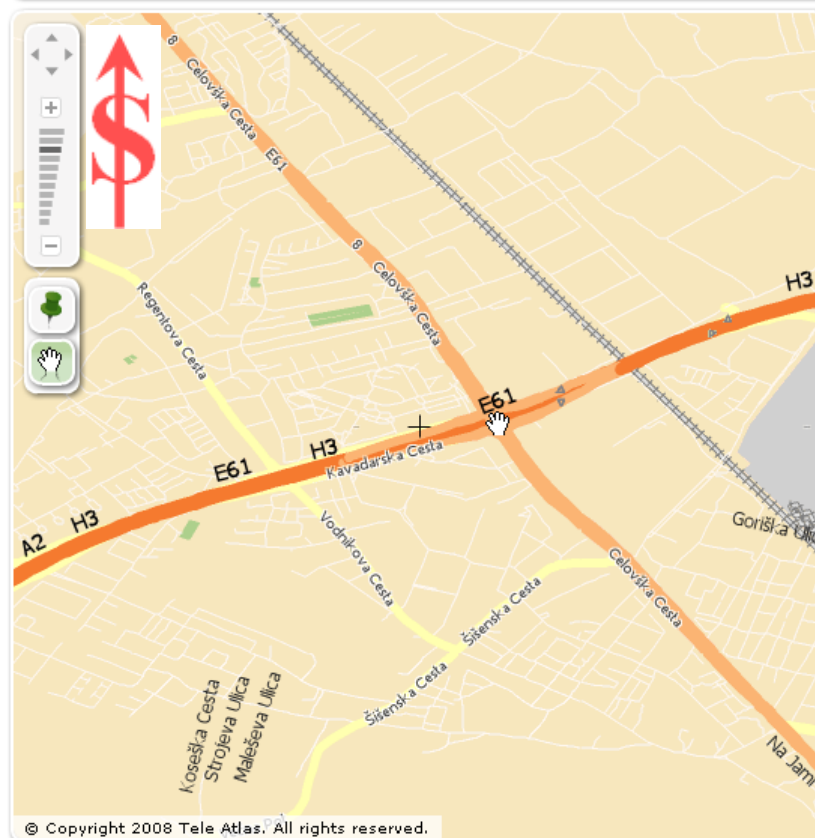
DOF Ljubljana
(<http://rkg.gov.si/GERK/viewer.jsp>)



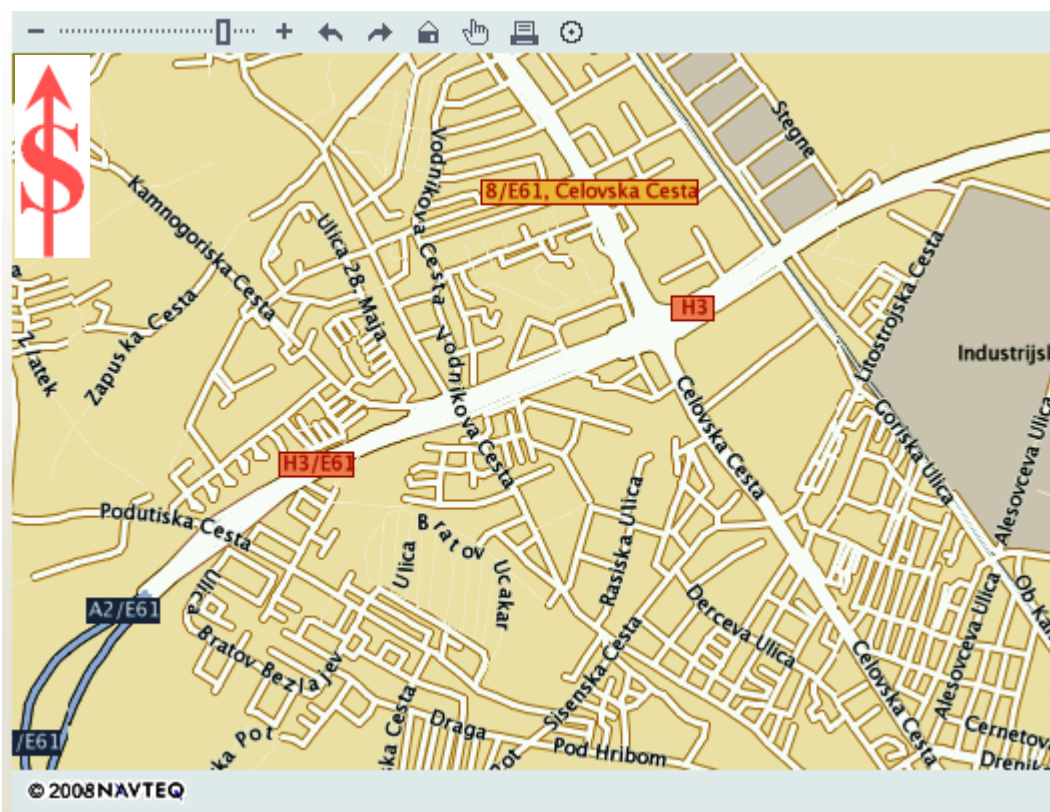
StreetConnect – Ljubljana



TeleAtlas – Ljubljana



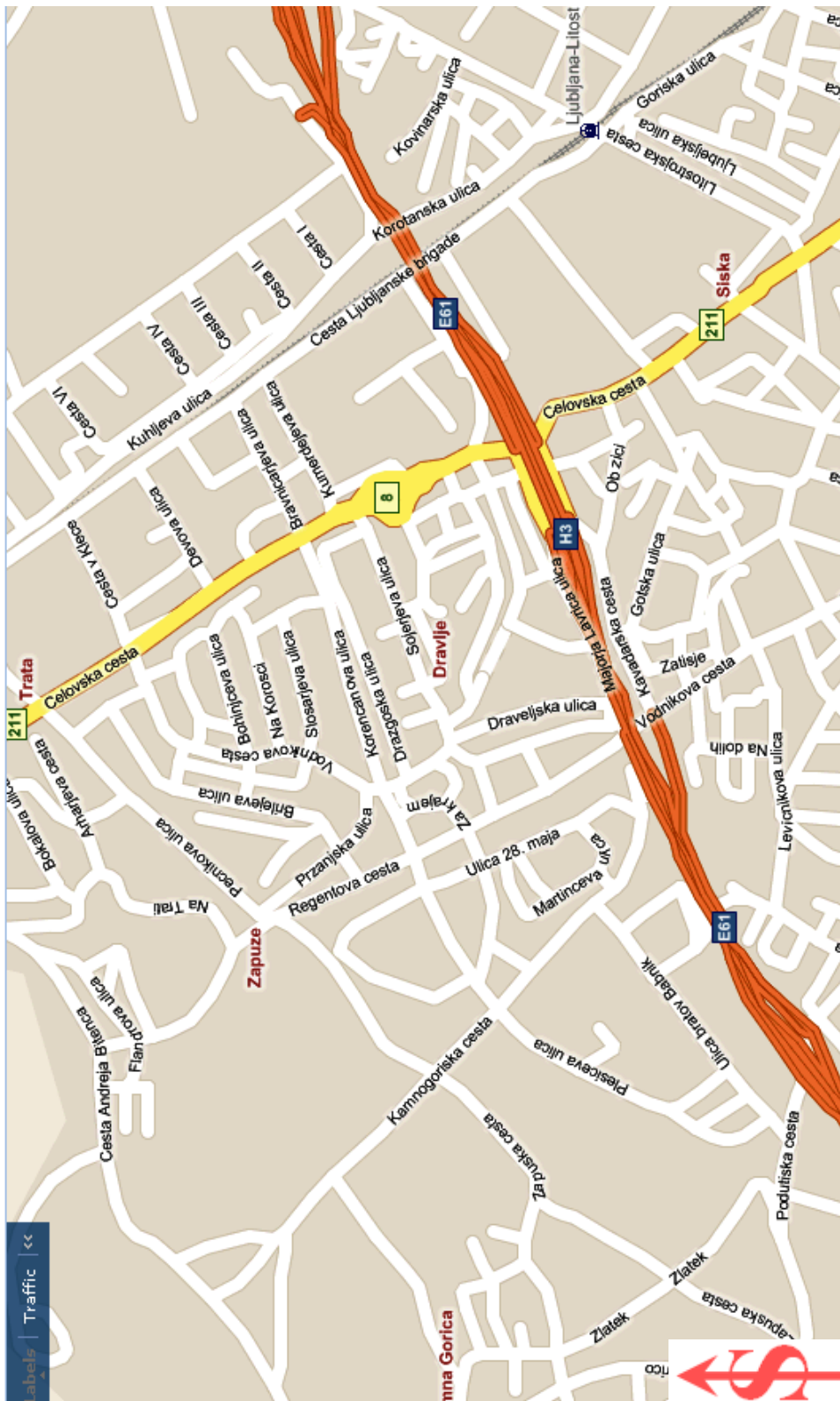
Navteq – Ljubljana



GoogleEarth - Ljubljana



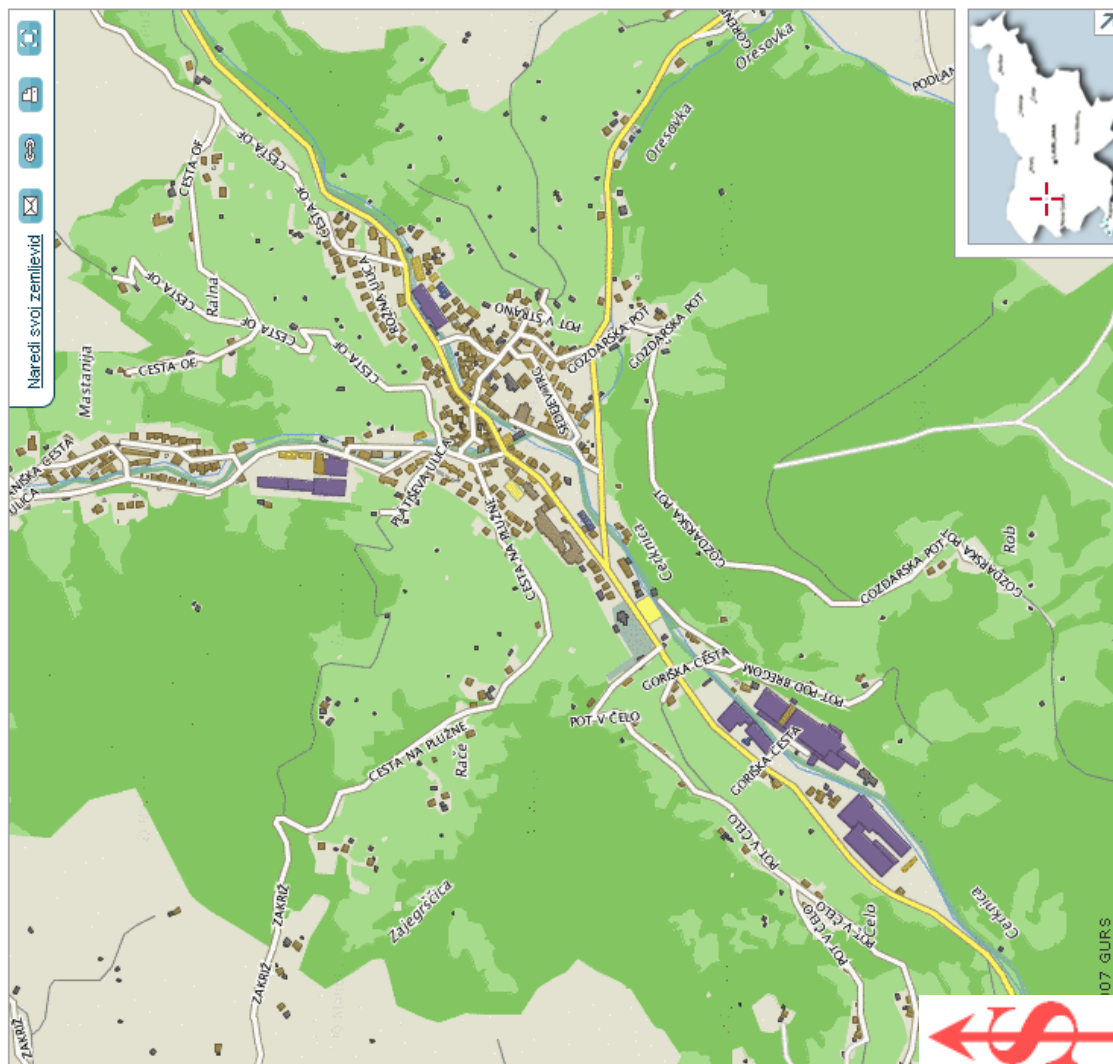
LiveSearch – Ljubljana



DOF Cerkn
(<http://rkg.gov.si/GERK/viewer.jsp>)



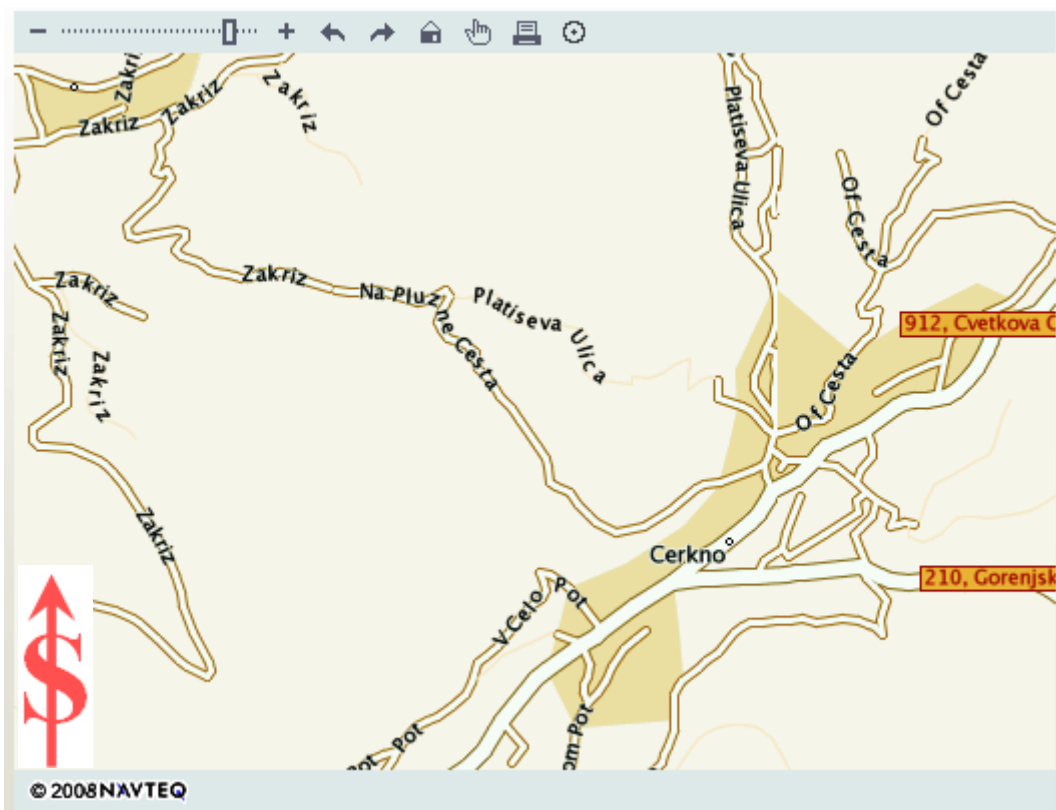
StreetConnect Cerčno



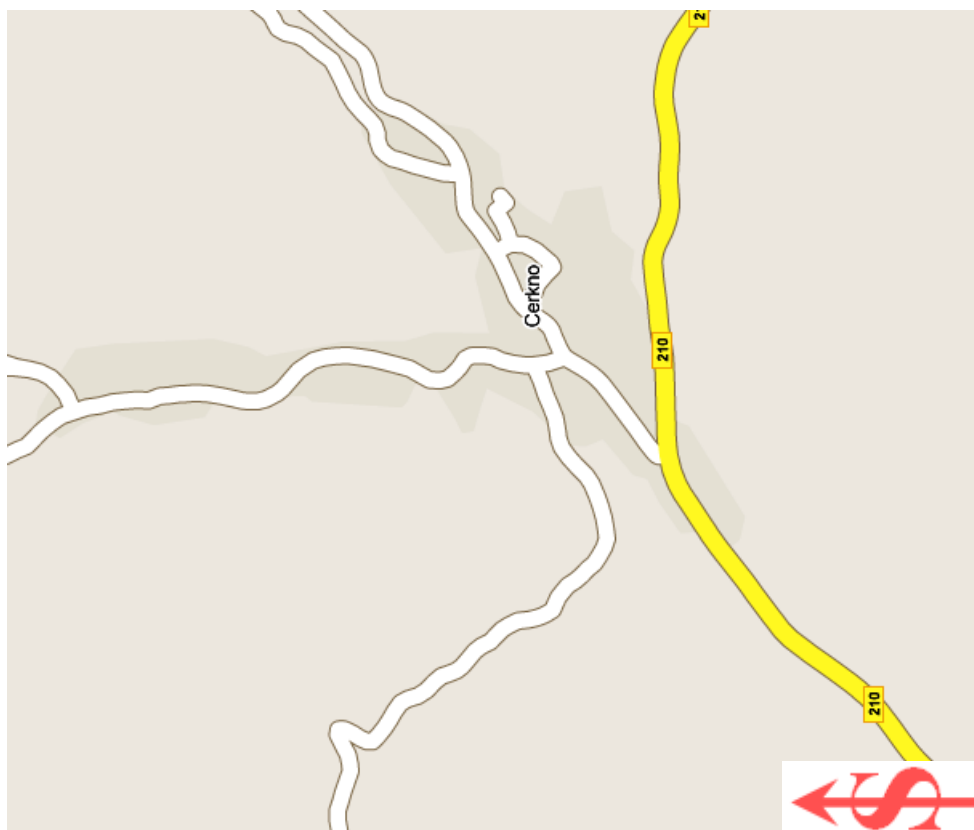
TeleAtlas Cerkno



Navteq Cerčno



GoogleMaps Cerčno



VirtualEarth Cerknno

